Ueberreicht vom Verfasser.

Ueber

Entstehung und Verbreitung

des

Phelloderms.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doctorwürde

von der

philosophischen Fakultät der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin

genehmigt und nebst den beigefügten Thesen öffentlich zu verteidigen

am

7. August 1897

von

Fritz Kuhla

in Berlin.

Opponenten:

Herr Dd. phil. E. Pritzel.
Herr Dr. phil. M. Nordhausen.
Herr Dr. phil. G. Bitter.

Mit einer Tafel.

Separat-Abdruck aus „Botanisches Centralblatt". Band LXXI. 1897.

CASSEL.
Druck von Gebr. Gotthelft, Kgl. Hofbuchdruckerei.
1897.

Ueber

Entstehung und Verbreitung

des

Phelloderms.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doctorwürde

von der

philosophischen Fakultät der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin

genehmigt und nebst den beigefügten Thesen öffentlich zu verteidigen

am

7. August 1897

von

Fritz Kuhla

in Berlin.

Opponenten:

Herr Dd. phil. E. Pritzel.
Herr Dr. phil. M. Nordhausen.
Herr Dr. phil. G. Bitter.

Mit einer Tafel.

Separat-Abdruck aus „Botanisches Centralblatt". Band LXXI. 1897.

CASSEL.
Druck von Gebr. Gotthelft, Kgl. Hofbuchdruckerei.
1897.

Seinen lieben Eltern

in Dankbarkeit gewidmet

vom Verfasser.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41535723_0224

Die Thätigkeit des Phellogens sowie auch die Producte derselben sind erst durch die klassische Arbeit Sanio's[1]) genauer bekannt geworden, trotzdem einschlägige Untersuchungen von Schleiden[2]), von Mohl[3]), Hanstein[4]) schon früher vorlagen. Erst Sanio zeigte, dass die Mutterzelle des Periderms nicht nur nach aussen Korkzellen, sondern auch nach innen Elemente abscheidet, die die Natur von Rindenzellen annehmen und von Sanio als Phelloderm- oder Korkrindenzellen bezeichnet worden sind.[5])

Sanio selbst macht über dieses Gewebe in seiner Arbeit verschiedene Angaben, die sich aber nur auf jüngere Stammorgane beziehen. Wie sich das Phelloderm besonders an inneren Peridermen unter der Borke verhält, inwieweit überhaupt sein Vorkommen als Regel anzusehen ist, das sind Fragen, die eine eingehendere Behandlung bisher noch nicht erfahren haben. Auch die neueren Arbeiten von J. Möller[6]) und J. E. Weiss[7]) enthalten nur hier und da vereinzelte Angaben. Die Weiss'sche Untersuchung beschränkte sich auf junge Stadien, während die Arbeit von Möller allerdings auch alte, borkebedeckte Stämme umfasst, indessen Angaben über das Phelloderm nur gelegentlich enthält. Es erschien daher nicht ohne Interesse, eine vergleichende Untersuchung über das Phelloderm anzustellen.

Das der Untersuchung zu Grunde liegende Material stammt theils aus dem hiesigen Universitätsgarten, theils aus der Umgebung von Berlin.

Da das Phelloderm nach seiner Ausbildung vollkommen die Eigenschaften des (primären resp. secundären) Rindenparenchyms besitzt, so kann als unterscheidendes Merkmal nur die streng radiale Anordnung dienen, die es infolge seiner Entstehung aus dem Phellogen mit dem Periderm in Beziehung bringt. Gehören mehrere Zellen einer an das Periderm anschliessenden Radialreihe

---

[1]) Vergleichende Untersuchungen über den Bau und die Entwicklung des Korkes. (Pringsheims Jahrb. II.)

[2]) Schleiden, Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik. 3. Auflage I 283.

[3]) Mohl, Entwicklung des Korks und der Borke. Verm. Schriften. p. 212.

[4]) Hanstein, Bau und Entwicklung der Baumrinde. 1856.

[5]) Sanio, l. c. p. 47 und p. 95.

[6]) J. Möller, Anatomie der Baumrinde. Berlin 1882.

[7]) J. E. Weiss, Beiträge zur Kenntniss der Korkbildung. München 1893.

an, so ist ihr Phellodermcharakter unzweifelhaft. Anders verhält es sich dagegen, wenn nur eine einzige Rindenzelle die radiale Korkreihe (einschliesslich des Phellogens) nach innen abschliesst. Es könnte hier leicht die Frage entstehen: Ist diese eine Zelle, die sich von den parenchymatischen Zellen der primären Rinde durch nichts als eben durch die Zugehörigkeit zu der radialen Peridermreihe unterscheidet, in der That als Phelloderm anzusehen? Oder stellt sie nur einen Rest der ursprünglichen Mutterzelle dar, einen Rest, der nichts anderes ist, als jedes aus einer nur einmal erfolgten Theilung einer Rindenzelle hervorgegangene Product? Einmalige, ja auch vielfache, namentlich durch das secundäre Dickenwachsthum bedingte Theilungen der Rindenzellen sind ja durchaus nicht selten.

Zur Erörterung dieser Frage bedarf es einer näheren Beleuchtung des Begriffes Phellogen. Bei Betrachtung der Korkentwicklung, die aus centripetal-intermediären Zelltheilungen der Rindenzellen hervorgeht, scheint es zunächst so, als dienten die ersten beiden centripetal angelegten Wände dazu, eine meristematische, allseitig von dünnen Wänden umschlossene Phellogenzelle zu bilden. Dieser Eindruck wird verstärkt durch die Beobachtung, die sich auf das Verhalten der radialen Wände der ursprünglichen Rindenzelle bezieht. Man sieht hier nämlich die in den ungetheilten Rindenzellen mässig, oft aber collenchymatisch verdickten, radialen Wände in der Mitte plötzlich stark verjüngt. (Fig. 1—3). Das auf dem Schnitt meist etwas wellig verbogen[1]) erscheinende Stück, um welches die dicke Radialwand verlängert wird, ist äusserst zart und dünn und gleicht der jungen Tangentialwand, die bald nach der Verlängerung der Radialwand auftritt. Diese Verjüngung ist nun auf ein Wachsthum der Wand zurückzuführen, das entweder gleichförmig auf die ganze Fläche vertheilt ist oder gürtelförmig lokalisirt sein kann. Die erstere Möglichkeit eines gleichförmigen Wachsthums setzt voraus, dass ein jedes Stück der Membran sich um einen gleichen Betrag verlängert. Hierbei ist nicht einzusehen, wie dadurch die plötzliche Verdünnung in der Radialwand entstehen soll. Auch in ungetheiltem Zustande haben allerdings die Rindenzellen, z. B. von *Sambucus*, *Ptelea* u. a., eine Zone, wo die sonst collenchymatische Wand eine Verdünnung aufweist. Diese ist aber nur sehr schmal.

Bei der Annahme, dass sich dieser dünne Theil in demselben Verhältniss verlängert wie jedes andere, dicke Membranstück, würde man zu einem ganz anderen Bilde als zu dem beobachteten gelangen. Letzteres zeigt, dass die verdickten Theile der Radialwand in einer getheilten Zelle gleich lang sind mit denen in der ungetheilten. Kommen Poren in der Membran vor, so zeigen sich die im verdickten Theil vorhandenen keineswegs in radialer Richtung irgendwie gestreckt, was doch der Fall sein müsste,

[1]) Die Faltung dürfte übrigens erst durch den Schnitt erzeugt und nur in angeschnittenen Zellen zu beobachten sein, deren Turgor durch den Schnitt aufgehoben ist.

wenn die Membran sich gleichmässig in allen Theilen streckte. Auch sind die Poren z. B. bei *Robinia*, (Fig. 4), *Sambucus* u. a. in einer mehrschichtigen Radialreihe nur auf die innerste Zelle beschränkt, nicht auf die Radialwände der ganzen Reihe vertheilt. Es kann also nur eine kleine Zone für das Wachsthum in Betracht kommen. Sie ist es, die allein zur Bildung der langen, radialen Peridermwandlinien führt, die für den Kork so charakteristisch sind. Ich glaubte, auf diesen immerhin interessanten Fall eines nur auf eine ganz schmale Zone lokalisirten Wachsthums hier etwas eingehen zu müssen, und kehre nun zu der Frage nach dem Begriff des Phellogens zurück.

Wir hatten oben gesehen, dass nach dem Auftreten der ersten beiden Wände drei Zellen entstanden waren, von denen die beiden äusseren zum Theil noch die alten Rindenzellwände besassen, während die mittlere allseitig von dünnen Wänden umgeben war und alle Eigenschaften meristematischer Zellen zeigte. Sie ist es, die als Phellogen alle weiteren Theilungen, die zur Kork- resp. Phellodermbildung führen, vollzieht. Es erwächst aus dieser Beobachtung nun die Frage: Ist die ursprüngliche Rindenzelle als Phellogen anzusehen, oder geht aus ihr durch vorbereitende Theilungen erst eine Peridermmutterzelle hervor? Aus der äusseren der beiden durch die erste Wand gebildeten Tochterzellen geht die erste Korkzelle hervor, nach aussen abgegrenzt durch die Wand der ursprünglichen Rindenzelle. Es ist also aus einer Rindeninitiale direct eine Peridermzelle hervorgegangen, ohne dass vorher eine dem Begriff typischer Meristemzellen entsprechendes Phellogen gebildet ist. Es ist ferner in allen Fällen, in denen centripetale Theilungen die Regel bilden (*Dracaena*, *Cydonia*), die der inneren Wand der Rindeninitiale angelagerte Zelle Phellogen, also ist hier die Rindenzelle auch im engern Sinne Peridermmutterzelle. Die Beobachtung der ersten Theilungsvorgänge in der Epidermis von *Cydonia vulgaris*[1]) lehrt, dass alsbald nach Bildung der ersten tangentialen Wand die äussere der so entstandenen Zellen verkorkt. Hier ist also, bevor ein typisches Meristem gebildet ist, eine Peridermzelle aus der Epidermis direct hervorgegangen, nicht aus einem rein meristematischen Phellogen; denn dieses kommt erst durch das Auftreten der zweiten Wand zu Stande. Würde man indessen der von de Bary[2]) ausgesprochenen Anschauung Rechnung tragen, so müsste man in den Fällen centripetal-intermediärer und centrifugal-intermediärer Theilungsfolge zwei Arten von Periderm und Phelloderm unterscheiden; denn die den tangentialen Wänden der Rindeninitiale anliegenden beiden Zellen sind ja garnicht aus dem von de Bary präcisirten Phellogen hervorgegangen, dies ist vielmehr zu gleicher Zeit oder später als die betreffenden beiden äusseren Zellen entstanden. Man müsste alsdann primäre, aus der Initiale direct erzeugte Periderm- resp. Phellodermzellen von den

[1]) Vgl. Sanio. p. 59.
[2]) de Bary, Vgl. Anatomie, p. 115.

secundären aus dem Phellogen im engern Sinne hervorgegangenen Kork- resp. Korkrindenzellen unterscheiden. Es ist aber sowohl die äusserste Peridermzelle im Bau und in der Function den später entstehenden gleich, wie auch die erste innerste Phellodermzelle von den später entstandenen durch nichts unterschieden werden kann. Mithin liegt kein Grund vor, bei der Bildung von Kork und Korkrinde eine Initiale vom Phellogen zu unterscheiden, meiner Auffassung nach ist die Initiale, in der die Theilungen erfolgen, auch Phellogen. Diese Annahme involvirt nun auch die Nothwendigkeit, die innerste Zelle, die aus centripetal- resp. centrifugal-intermediären Theilungen des Phellogens hervorgegangen ist, als Phelloderm anzusehen.

Ueber die Entwickelungsgeschichte des Phelloderms hat Sanio[1]) im Anschluss an seine Untersuchungen über die Entstehung des Korks an jugendlichen Zweigen genaue Angaben gemacht; weniger hat die Entstehung sowohl secundären Korkes wie Phelloderms, durch welche die Borke abgegrenzt wird, Berücksichtigung gefunden. Wenigstens fand ich in Sanio's Arbeit nur eine einzige Angabe betreffend die Entstehung des secundären Korkes in der Rinde von *Lonicera Xylosteum*.[2]) Hier ergab sich in der Theilungsfolge kein wesentlicher Unterschied, wenn man von der Zahl der abgeschiedenen Phellodermzellen absieht. Diese werden aber auch in ein- und derselben Zone nicht in gleicher Mächtigkeit abgeschieden. Mir selbst ist es nur in einem Falle, bei *Robinia Pseud-Acacia*, möglich gewesen, die Entwickelungsgeschichte secundärer Korkzonen zu verfolgen, und hier fand ich vollständige Uebereinstimmung in der Theilungsfolge des secundären mit derjenigen des primären Periderms resp. Phelloderms. Ich wage nicht, hieraus einen verallgemeinernden Schluss zu ziehen, indessen liegt von vornherein schon kein Grund vor, eine Verschiedenheit der Entwickelung des secundären Periderms von derjenigen des primären anzunehmen.

Es dürfte noch eine Bemerkung am Platze sein über den Ort der Entstehung des secundären Phellogens. Hier fungiren als Mutterzellen wohl nur die Parenchymzellen der secundären Rinde. In keinem Falle liessen sich anatomische Anhaltspunkte finden, die auf eine Entstehung des Korkes und Phelloderms aus Siebröhren oder eventuell aus Milchröhren deuteten.

Da mithin die Phellogenzelle stets parenchymatischer Natur ist, so ist naturgemäss die Gestalt wie auch die Grösse ihrer Producte, also auch des Phelloderms, von vornherein gegeben. Wir finden daher in allen Fällen Zellen von parenchymatischer Gestalt im Phelloderm vor. In dieser Form allein werden die Korkrindenzellen aus dem Phellogen abgeschieden. Trotzdem ist die parenchymatische Gestalt nicht die einzige Form, unter der Phellodermzellen zu beobachten sind. Ein Querschnitt durch einen dicken Ast oder Stamm, den noch keine Borke bedeckt,

---

[1]) und später J. E. Weiss l. c.
[2]) Sanio l. c. Fig. 64—66.

zeigt vielfach Phellodermzellen, die tangential langgestreckt und prosenchymatisch sind. Diese Form kann nur durch einen secundären Entwickelungsprocess zu Stande kommen. Derselbe ist bedingt durch das Dickenwachsthum des Stammes. Wenn man berücksichtigt, dass der Umfang eines Kreises in gleichem Verhältniss mit dem Radius wächst, so resultirt daraus eine tangentiale Verlängerung der einzelnen Rindenzellen, besonders auch der ältesten Phellodermzellen, deren absolute Grösse freilich in keinem Falle bestimmbar ist, die aber trotz den abschwächenden, zweifellos in den Eigenschaften der Rinde gegebenen Verhältnissen immerhin recht beträchtlich ist.[1]) Die tangentiale Dehnung, soweit dieselbe aus den verschiedenen Beträgen der Verlängerung gefolgert werden kann, ist an den verschiedenen Stellen der Peripherie nicht gleich.

Diese Tangentialverlängerung ist nun keineswegs als eine blos elastische Dehnung der vorhandenen Wände aufzufassen. Dies ergiebt sich schon aus der Beobachtung, dass der radiale Durchmesser der Phellodermzellen im Alter nicht abnimmt; ferner aber besonders daraus, dass mit zunehmendem Alter der Phellodermzellen und entsprechendem Dickenzuwachs des Stammes die ersteren allmählich mehr und mehr collenchymatisch werden. Es ist also unbedingt ein späteres Wachsthum der Phellodermzellen anzunehmen, welches, durch den Einfluss der Cambiumthätigkeit hervorgerufen, als passives Wachsthum aufzufassen ist. Wir finden also unter diesen Verhältnissen in der Gestalt der Phellodermzelle alle Uebergänge vom parenchymatischen zum prosenchymatischen Typus.

Die Wände der Phellodermzellen bestehen in der Regel aus reiner Cellulose;[2]) der milchweisse Glanz ihrer Membranen hebt sich daher in den meisten Fällen scharf ab von der gelblichen Färbung der Korkmembranen. Doch sind auch verholzte Membranen im Phelloderm zuweilen anzutreffen. Inhaltlich sind die Korkrindenzellen charakterisirt durch den Besitz von Chlorophyll überall da, wo das Licht vom Periderm nicht völlig absorbirt wird. Unter der Borke fehlt das Chlorophyll, hierfür füllen Stärke, Oel oder Krystalle die Phellodermzellen.

Wie sich aus dem Bau und dem Inhalt der Korkrindenzellen ergiebt, dürfte die Function derselben wesentlich nach zwei Richtungen hin zu bestimmen sein. Und zwar gehören sie entweder dem mechanischen oder dem Speichersystem an. Drei Typen der mechanischen Zellen finden wir im Phelloderm, der seltenste davon dürfte wohl der bastfaserartige Typus sein, den ich nur vereinzelt bei *Prunus avium* im Phelloderm fand, dessen Zellen ihrer Entstehung gemäss tangential orientirt waren. Nicht ganz so selten ist die Sklerose von parenchymatischen Phellodermzellen zu beobachten. Das klassischste Beispiel hierfür bietet

[1]) M. Köppen, Verhalten der Rinde unserer Laubbäume. (Nov. Act. Leopold. LIII. 5.)

[2]) Wie sich aus der Jodschwefelsäurereaction ergiebt.

Ptelea trifoliata, wo sowohl das primäre wie das secundäre Phelloderm einen fast geschlossenen Ring von sklerotischen Zellen bildet. In anderen Phellodermen können einzelne Zellen sklerotisiren, der Gesammtheit der Zellen bleibt aber in ihren Wandungen die reine Cellulose erhalten. In diesem Falle beobachtet man nun besonders auf radialen Längsschnitten an den primären Phellodermen, dass sie allmählich mehr und mehr collenchymatisch werden. Die allgemeine Verbreitung dieses dritten Typus von mechanischen Zellen im Phelloderm spricht für die Nothwendigkeit ihrer Existenz an der Aussenperipherie der primären Rinde. Wie aus dem anatomischen Befund hervorgeht, sind sie besonders gegen tangentiale Zugspannung widerstandsfähig. Sie sind ihrer hohen Wachsthumsfähigkeit wegen besonders befähigt, dem Dickenwachsthum des Stammes folgen zu können, ohne deswegen an Festigkeit zu verlieren, und bilden somit einen vortrefflichen Schutz gegen das Zerreissen der primären Rinde.

Es bedarf noch eines kurzen Hinweises auf die allgemeine Verbreitung des Phelloderms. Von den ca. 60 untersuchten Arten besassen nur drei keine Korkrinde, in allen anderen Fällen war dagegen Phelloderm stets zu beobachten. Stamm und Wurzel bieten sowohl bezüglich des Korkes als auch der Korkrinde keinen wesentlichen Unterschied. Die Mächtigkeit des in Rede stehenden Gewebes ist nicht nur bei verschiedenen Arten, sondern auch in demselben Stamme sehr wechselnd. Sie scheint unabhängig zu sein von der Mächtigkeit der Peridermentwickelung, sodass reichlich entwickelter Kork keineswegs immer von einer beträchtlichen Korkrinde begleitet zu sein braucht (z. B. bei *Quercus Suber* und *Ulmus suberosa*). An secundären Peridermen tritt das Phelloderm in der Regel nur in geringen Schichten auf, während bei langer Erhaltung des Oberflächenperiderms die Korkrinde zu bedeutender Mächtigkeit anwachsen kann (z. B. bei *Cytisus* und *Fagus*).

Ich gehe nunmehr zur Beschreibung der untersuchten Fälle im Einzelnen über.

Ginkgo biloba.

Das Periderm[1]) wird am einjährigen Zweige aus tief gelegenen[2]) primären Rindenzellen centripetal-intermediär oder rein centripetal gebildet, sodass hier und da keine Phellodermzelle anzutreffen ist; meist findet sich eine einschichtige Korkrinde schon am Ende des ersten Jahres. Sie verstärkt sich später nur in geringem Maasse. So war an einem 1 cm dicken Zweige das Phelloderm meist nur zweischichtig. Ihre Zellen sind mässig dickwandig und führen Chlorophyll. Die Theilungsfolge, nach der die inneren Periderme entstehen, ist entweder rein centripetal oder centripetal-intermediär, sodass vielfach gar kein Phelloderm, meist nur eine einschichtige Korkrinde entsteht. Diese ist dünnwandig und führt Stärke.

---

[1]) Möller l. c. p. 37.

[2]) Die tiefe Orientirung des Phellogens ist für alle Coniferen charakteristisch.

Taxus baccata.

Das Phellogen tritt meist erst an zweijährigen Zweigen im Innern der primären Rinde in Thätigkeit und entwickelt einige zartwandige Korkzellen, daneben 2 bis 3 Phellodermzellen, die relativ dickwandig sind und Chlorophyll führen. An einem Zweige von 1 cm Durchmesser war die Korkrinde drei- bis vierschichtig, die Wände der Zellen etwas dicker als an jüngeren Zweigen. Mehr als 4 Schichten habe ich auch an älteren aber noch borkefreien Aesten nicht angetroffen. Die Borke tritt ziemlich früh auf, so fand ich z. B. an einem Zweige von 2 cm Durchmesser meist schon inneres Periderm. Dieses besteht, wie das Oberflächenperiderm aus dünnwandigen Zellen, auf welche eine drei- bis vierschichtige Korkrinde folgt. Diese besteht aus mässig dickwandigen Elementen, die, sobald sie nicht von den grossen, flachen, leicht sich ablösenden Platten der Borke bedeckt sind, Chlorophyll führen.

Pinus silvestris.

Unter der Epidermis oder tiefer im Innern des Hypoderms[1]) entsteht an einjährigen Zweigen das Periderm, welches aus verschiedenen Zellformen besteht. Der äussere Theil der Korkhaut wird aus zartwandigen Zellen gebildet, auf welche nun Elemente mit etwas derberen und braunroth gefärbten Wänden folgen. Die Phellogenzelle ist die innerste Zelle jeder Radialreihe. Im zweiten Jahre wird eine Phellodermzelle angelegt, welche sich collenchymatisch ausbildet und Chlorophyll führt. Hier und da sklerotisiren die rothwandigen Korkzellen, während die zartwandigen Peridermelemente keine wesentliche Aenderung erfahren. An einem Zweige von $1^1/_2$ cm Durchmesser war an vielen Stellen schon Borke gebildet, das noch vorhandene primäre Periderm war von einer drei- bis vierschichtigen collenchymatischen Korkrinde begleitet. Die inneren Periderme bestehen ebenfalls aus zartwandigen und sklerotischen Elementen. Daran schliesst sich ein Phelloderm von drei bis sechs Schichten. Die Zellen sind vielfach zartwandig, werden hier und da sklerotisch und führen Stärke.

Picea excelsa.

Am einjährigen Zweige findet man in der Regel eine Chlorophyll führende Phellodermzelle, die mit den einseitig verdickten Peridermzellen[2]) aus einer tief im Innern der primären Rinde gelegenen Schicht hervorgeht. Auch zweijährige Zweige führen ein nur einschichtiges Phelloderm. Später erhält es einigen Zuwachs, doch fand ich es auch an einem Stamm von 2 dcm Dicke nur in drei Schichten entwickelt, deren Zellen tangential lang gestreckt und collenchymatisch waren und Chlorophyll führten. Unter der Borke[3]) findet man ein meist sechsschichtiges, zartwandiges Phelloderm entwickelt.

---

[1]) Möller p. 21.
[2]) Möller p. 29.
[3]) H. v. Mohl, Bot. Ztg. 1859. p. 338.

Juniperus communis.

Im ersten Jahre, in dem das Phellogen thätig ist, wird aus tiefer gelegenen Zellen der primären Rinde[1]) in der Regel eine, Chlorophyll führende und am Schluss der erstjährigen Wachsthumsperiode dickwandige Phellodermzelle gebildet. Das hierbei entwickelte Periderm ist zartwandig; da die Thätigkeit des ersten Phellogens frühzeitig erlischt, so kommt es zu einer nur geringen Phellodermentwickelung im Anschluss an das Oberflächenperiderm. Die inneren Periderme bestehen nur aus 3 bis 5 Reihen von dünnwandigen Zellen, an die dann nach innen 1 bis 2 Phellodermzellen von geringer Wanddicke anschliessen, die (besonders im Herbste) reichlich Stärke führen.

Dracaena frutescens.

Das Periderm entsteht in der äussersten Rindenzellenreihe durch centripetale Theilungen, die Korkzellen sind relativ zartwandig, ihre Wände vielfach stark verbogen. Phelloderm wird nicht gebildet, denn auch später bleibt die Theilungsfolge rein centripetal.

Die Thätigkeit der Phellogenzelle ist nicht von unbeschränkter Dauer; später übernehmen tiefer im Innern liegende Rindenzellen die Peridermerzeugung, Phelloderm wird auch hierbei nicht abgeschieden.[2])

Juglans regia.

Die äusserste Zellenlage der primären Rinde wird zum Phellogen und entwickelt centrifugal-reciprok[3]) mehrere Korkzellen, die inhaltlich braun gefärbt sind, und in der Regel eine, hier und da auch zwei Korkrindenzellen. Letztere sind im ersten Jahre nur mässig dickwandig und führen Chlorophyll. Auch an zweijährigen Zweigen ist die Phellodermthätigkeit auf 2 Schichten beschränkt. An einer Stelle, wo offenbar Wundkork entwickelt worden war, fand ich ein 5- und mehrschichtiges Phelloderm von gleichem Bau, wie an normalen Stellen. Also auch das Phellogen des Wundkorks entwickelt Phelloderm. Im dritten Jahre beginnen die auf 2 Lagen beschränkten Phellodermzellen (wie überhaupt die äussere Partie der primären Rinde) sich sichtbar unter dem Einfluss des Cambiums tangential zu strecken, an vierjährigen Zweigen sind sie vielfach schon auf das Doppelte ihres ursprünglichen tangentialen Durchmessers verlängert. Uebrigens ist der Betrag der Verlängerung an verschiedenen Stellen desselben Kreises ganz verschieden. Die bisher nur mässig dickwandigen Korkrindenzellen fangen jetzt an, collenchymatisch zu werden. An einem Stamm von 2 cm Durchmesser fand ich noch Oberflächenperiderm mit einer drei- bis mehrschichtigen Korkrinde, deren Zellen auf dem Querschnitt tangential langgestreckt, auf

---

[1]) Möller, p. 12.

[2]) Sanio, p. 66. Hier wird von *Dr. arborea* die Existenz von Phelloderm angegeben.

[3]) Sanio p. 87.

dem Längsschnitt isodiametrisch und stark collenchymatisch war. Innere Periderme treten erst an dicken Stämmen (über 2 dcm) auf; unter der Borke ist ein drei- oder auch mehrschichtiges Phelloderm von dünnwandigen, Stärke führenden Zellen entwickelt.

Salix fragilis.

Die Initiale für die Korkbildung ist die Epidermis, in der im ersten Jahr centripetal [1]) drei Zellen entstehen, eine äussere Korkzelle, eine mittlere, nur an der tangentialen Aussenwand verkorkende Phellogenzelle, die der Epidermiszelle im Bau gleicht, und die innerste, die sich zur Chlorophyll und nicht selten auch Oel führenden Phellodermzelle ausbildet. Die Wände derselben sind nur schwach verdickt, ihre Grösse ist entsprechend dem Volum der ursprünglichen Epidermiszelle sehr gering (tangentiale Länge bis 20 μ). Sie sind radial etwas abgeplattet. Im zweiten Jahre kommen zu den vorhandenen zwei Wänden zwei neue hinzu, die sich ebenso verhalten, wie die erstjährigen. Nach Aussen entsteht eine Korkzelle, nach innen eine Phellodermzelle. Dazwischen liegt die nur auf der äusseren Seite verkorkte Phellogenzelle.

Zweijährige Zweige besitzen also 2 Phellodermzellen, mit Chlorophyll und vielfach mit Oeltropfen ausgestattet. An einem dreijährigen Zweige findet man in der Regel 3 Korkrindenzellen. Auf dem Querschnitt erscheinen die innersten ältesten bereits bereits beträchtlich gedehnt (bis um das doppelte der ursprünglichen tangentialen Länge), sodass die Unterscheidung des Phelloderms von der primären Rinde schon hier vielfach auf dem Querschnitt nicht mehr möglich ist. Auf dem radialen Längsschnitt sind die Zellen nahezu isodiametrisch oder etwas radial abgeplattet, mit nur schwach verdickten Wänden. Vierjährige Internodien besitzen meist 3 bis 4 Phellodermzellen. Die ältesten davon sind auf dem Querschnitt um das Vielfache ihrer ursprünglichen Länge tangential gedehnt worden (tangentialer Durchmesser bis 70 μ). Nicht selten findet man in ihnen später aufgetretene Radialwände. Die Wände sind mässig verdickt, Chlorophyll und Oel ist der Inhalt der betr. Zellen.

Vier bis fünf Phellodermzellen fand ich in fünfjährigen Zweigen, Bau und Inhalt stimmen mit den betreffenden Elementen jüngerer Sprosse überein.

Die tangentiale Dehnung zeigt sich hier noch ausgeprägter. An einem Zweige von ca. 2 cm Dicke beträgt die Mächtigkeit der Korkrinde selten mehr als 5 Schichten, in der Regel bilden nur 3 bis 4 Phellodermzellen den Abschluss der radialen Reihe. Auf dem Querschnitt ist diese meist derart verschoben, dass nur die relative Dünnwandigkeit der Phellodermelemente ein Kriterium zur Erkenntniss der Korkrinde bilden kann. An die Borke [2]) abscheidenden, inneren Periderme schliesst sich ein Phelloderm von

---

[1]) Sanio, p. 64.
[2]) Vgl. Möller, p. 89.

nur geringer Mächtigkeit an. Dieselbe übersteigt nie zwei Zellschichten, in der Regel ist nur eine einzige Phellodermzelle aus dem Phellogen hervorgegangen. Die Elemente der inneren Periderme unterscheiden sich von den Korkzellen des Oberflächenperiderms durch die Dicke der Wände, welche bei ersteren gleichmässig dünn sind, und durch ihre reichlichere Entwickelung innerhalb einer Vegetationsperiode.

Salix pentandra zeigt nur geringe Verschiedenheiten im Bau des Phelloderms. An borkebedeckten Stämmen sind 2 bis 3 Schichten von mässig dickwandigen Korkrindenzellen die Regel.

S. alba. Das Oberflächenperiderm wie auch das daran anschliessende Phelloderm gleicht auch im Grossen und Ganzen demjenigen von *S. fragilis.* Das Periderm innerhalb der Borke besteht zunächst aus mehreren Schichten dünnwandiger Korkzellen. Die innerste theilweise verkorkte Zelle einer jeden Reihe ist ähnlich gebaut wie das Phellogen des oberflächlichen Periderms, sie ist auf der äusseren Seite dickwandig und verkorkt. Zwei bis drei Phellodermzellen schliessen die radiale Reihe nach innen ab. Sie sind relativ dünnwandig, gleich den betreffenden Elementen von *S. fragilis* und *S. pentandra.* In vielen Fällen fehlt der Phellogenzelle die eigenartige einseitige Verdickung. Die Bastgruppen werden hier in der Regel bei der Borkebildung vollständig vom Kork eingeschlossen, trotzdem eine pathologische Ursache [1]) nicht zu erkennen ist.

Bei *Salix* sp. fand ich an Zweigen, die im Unterholz der Jungfernhaide bei Berlin sich berührend aneinander vorbei gewachsen waren und gegenseitig auf die Berührungsstellen Druck ausübten, an den Contactstellen ein sehr reichlich entwickeltes Phelloderm von einer Mächtigkeit von über 20 Schichten. Die Elemente desselben waren entweder isodiametral oder vielfach sogar radial gestreckt (sodass das Verhältniss des radialen Durchmessers zum tangentialen nicht selten 2 : 1 war). Die Wände waren an den Ecken abgerundet, sodass reichliche Interstitien das Phelloderm durchzogen, und mässig verdickt. Zweifellos ist hier der Druck von Einfluss auf die mächtige Entwickelung der Korkrinde gewesen. [2]) Das Periderm war hier nicht wie normales Oberflächenperiderm, sondern wie Wundkork entwickelt.

Populus tremula.

Trotzdem die Theilungsfolge in der äussersten Rindenzelle [3]) centrifugal-intermediär ist, kommt in der Regel an einjährigen Zweigen kein Phelloderm zu Stande. Erst später werden nach und nach 1 bis 3 Phellodermzellen angelegt, die beträchtlich collenchymatisch werden und Chlorophyll führen. Die Borke ist

---

[1]) Vgl. Sanio, l. c. p. 65.

[2]) Inwieweit etwa auch Verwundung hierbei von Einfluss gewesen ist, lässt sich nicht entscheiden, doch scheint mir die Regelmässigkeit in der Anordnung der Elemente nicht dafür zu sprechen, dass Verwundung allein die Ursache ist.

[3]) Sanio, p. 91.

an Stämmen von 1 dem Dicke überall anzutreffen. Unter derselben wird das Phelloderm in wechselnder Mächtigkeit, meist in nicht mehr als drei Zellen, entwickelt, die mässig dickwandig, zuweilen sklerotisch und porös sind und Stärke führen.

Carpinus Betulus.

In der obersten Rindenzellreihe wird im ersten Jahre in der Regel eine dickwandige, Chlorophyll führende Phellodermzelle centrifugal-intermediär [1]) entwickelt neben mehreren derbwandigen Korkzellen, die in der äusseren Partie der Peridermschicht inhaltlich braun gefärbt sind. Im zweiten Jahre kommt wiederum eine Korkrindenzelle hinzu, die schon gegen das Ende der Vegetationsperiode beträchtlich collenchymatisch ist. An einem Zweige von $1^1/_2$ cm Durchmesser fand ich vier- bis fünfschichtiges, aus stark collenchymatischen Zellen bestehendes Phelloderm. Später kommen noch einige Schichten hinzu, doch ist die Mächtigkeit im Verhältniss zum Stammdurchmesser doch nur gering. So besass ein Stamm von ca. $^3/_4$ m Durchmesser eine meist achtschichtige Korkrinde, deren Zellen entweder stark collenchymatisch oder auch mässig sklerotisch ausgebildet waren. Borke wird bekanntlich bei *Carpinus* in normaler Weise nicht gebildet, nur bei Verwundungen werden Rindenpartieen durch Periderm und Phelloderm vom gesunden Theil der Rinde abgeschnitten. Sowohl der dabei entwickelte Kork wie die anschliessende Korkrinde sind von gleichem Bau wie die betreffenden normalen Elemente. Das Phelloderm ist vielfach stark sklerotisch. Die gleichen Verhältnisse finden sich in der Wurzel.

Ostrya Virginica.

Unter der Epidermis, in der äussersten Rindenzellreihe wird im ersten Jahre das Periderm in centrifugal-intermediärer Reihenfolge [2]) gebildet. Es besteht aus zahlreichen sehr kleinen, mit braunem Inhalt erfüllten, sehr flachen Zellen von ca. 9 μ tangentialem Durchmesser. Auch Phelloderm wird im ersten Jahre gebildet, doch geht die Mächtigkeit desselben über 2 Zellschichten nicht hinaus, in der Regel schliesst nur 1 Phellodermzelle die radiale Reihe nach innen ab. Diese ist schon im ersten Jahre relativ dickwandig und führt Chlorophyll. Im zweiten Jahre nimmt die Mächtigkeit des Phelloderms nur wenig zu, auch an zweijährigen Zweigen beschränkt es sich in der Regel auf zwei Chlorophyll führende Zellen, die sich tangential schon etwas gestreckt haben. Dreijährige Internodien haben auch nur 2 Phellodermzellen. Diese sind bereits vielfach um das dreifache (tangentialer Durchmesser etwa 27 μ) in tangentialer Richtung verlängert. Der radiale Durchmesser ist indessen nicht verringert worden, sodass die Phellodermelemente auf dem radialen Längsschnitt nahezu isodiametrisch sind. Ihre Wände sind etwas dicker geworden als an ein- und zweijährigen Zweigen. An Stämmen

[1]) Sanio, p. 80.
[2]) Sanio, l. c. p. 97.

von 1 dcm Durchmesser fand ich noch keine Borke, [1]) das Phelloderm war auch hier nur zweischichtig, die Zellen auf dem Querschnitt naturgemäss sehr stark verlängert, auf dem Längsschnitt isodiametrisch und Chlorophyll führend. Bis 2 dcm dicke Stämme fand ich noch völlig borkefrei.

O. carpinifolia: An einem fünfjährigen Zweige fand ich in der Regel 3 bis 5 Phellodermzellen von nicht unbeträchtlichen collenchymatischen Wandverdickungen und geringem Lumen, im Bau den Korkrindenzellen der vorigen Art gleichend, wie auch die Elemente des Korkes mit denen von *O. virginica* im Bau und Färbung übereinstimmen. Chlorophyll findet sich stets im Inhalt der Phellodermzellen. Während bei der vorigen Art erst spät Borke gebildet wird, beginnt die Borkebildung bei *O. carpinifolia* zeitiger. Das Periderm unter der Borke gleicht dem Oberflächenkork. Das hierbei entwickelte Phelloderm übersteigt kaum die Mächtigkeit von 3 Zellen. Diese sind nur mässig verdickt und führen Stärke.

Corylus Avellana.

In der äussersten Rindenzelle entstehen im ersten Jahre centrifugal-reciprok [2]) mehrere Korkzellen und eine bis zwei Chlorophyll führende Phellodermzellen von mässiger Wanddicke. Im zweiten Jahre kommt eine neue Korkrindenzelle in der Regel nicht hinzu. Die vorhandenen erscheinen nicht selten tangential bereits etwas verlängert. Auf dem Längsschnitt sind die Anfänge von Collenchymatisierung zu beobachten. Auch an dreijährigen Internodien wird das Phelloderm nicht viel mächtiger (2 bis 3 Schichten). Auf dem Querschnitt erscheinen die vorher radial gestellten Wände vielfach schief orientiert. Diese Schrägstellung bewirkt zusammen mit der immer weiter fortschreitenden Tangentialstreckung, dass namentlich die älteren Phellodermzellen z. B. an einem Ast von 6 bis 7 cm Durchmesser auf dem Querschnitt geradezu prosenchymatisch erscheinen. Das Phelloderm ist hier in einer Mächtigkeit von 6 bis 7 Zellen entwickelt, welche collenchymatisch und zwar besonders gegen tangentialen Zug widerstandsfähig sind. Chlorophyll findet sich im Inhalt. Borke habe ich nicht beobachtet.

Betula alba.

Die Thätigkeit des Phellogens ist centrifugal-intermediär [3]) und bringt im ersten Jahr eine Reihe von Peridermzellen und in der Regel eine mässig dickwandige, Chlorophyll enthaltende Phellodermzelle hervor. Im zweiten Jahr kommt hin und wieder eine neue Korkrindenzelle hinzu, in der Regel ist auch zweijähriges Phelloderm einschichtig. An einem Zweig von 1 cm Durchmesser fand ich ein zweischichtiges Phelloderm. Späterhin vermehrt sich dasselbe nur in geringem Masse, sodass z. B. an

[1]) Vgl. Möller, Anatomie der Baumrinden. p. 55.
[2]) Sanio, p. 74.
[3]) Sanio, p. 81 ff.

einem 5 cm dicken Aste dreischichtige Korkrinde sich vorfindet. Die Zellen sind auf dem Querschnitt tangential langgestreckt, auf dem Längsschnitt isodiametrisch und stark collenchymatisch. Unter der Borke entwickelt sich das Phelloderm in einer Mächtigkeit von 4 bis 6 Schichten. Seine Elemente sind mässig dickwandig, isodiametrisch oder radial schwach abgeplattet und führen reichlich Oel. In der Wurzel sind im Bezug auf Kork und auf Phelloderm dieselben Verhältnisse zu constatiren. Auch bei *Betula* fand ich an Zweigen, die durch Berührung mit anderen an den Contactstellen einem gewissen Druck ausgesetzt waren, reichlich entwickeltes Phelloderm von radial gestreckten, relativ dünnwandigen Zellen.

Alnus glutinosa.

Am einjährigen Zweige findet man in der Regel ein einschichtiges, Chlorophyll führendes Phelloderm, das aus der äussersten Rindenzelle [1]) hervorgegangen ist. Hier und da sind auch zwei Zellen zu Phelloderm geworden. Ihre Wände sind zu Ende der erstjährigen Vegetationsperiode nur mässig dickwandig, noch nicht collenchymatisch. Im zweiten Jahre kommt eine zweite Phellodermzelle hinzu, an einigen Stellen ist, besonders auf dem Längsschnitt, collenchymatischer Bau der Korkrinde zu beobachten. An einem Ast von ca 3 cm Durchmesser fand ich ein vier- bis sechsschichtiges Phelloderm, dessen innerste, älteste Zellen tangential gestreckt und gegen tangentiale Zugspannung widerstandsfähig waren. Auf dem Längsschnitt zeigten sie sich nahezu isodiametral. Unter der Borke, die erst bei Stämmen von ca 1 dem Durchmesser auftritt, [2]) wird im Anschluss an die ziemlich mächtige braun gefärbte Korkschicht ein meist vier- bis sechszelliges Phelloderm entwickelt, dessen Zellen isodiametrisch, mässig dickwandig sind, und Stärke führen. In der Wurzel ist ebenfalls Phelloderm zu beobachten, welches denselben Bau wie das im Stamm aufweist; ebenso gleicht das Periderm der Wurzel im Bau und Inhalt dem oberirdischen Stammkork.

Fagus silvatica.

Die Bildung des Korkes und Phelloderms erfolgt in der äussersten Rindenzellenreihe durch centripetal-intermediäre Theilungen: [3]) an einem einjährigen Zweige sind 5 bis 6 Peridermzellen und in der Regel eine Phellodermzelle vorhanden, letztere ist mässig dickwandig und führt Chlorophyll. Zweischichtiges Phelloderm ist in der Regel an zweijährigen Zweigen zu finden, die Zellen sind bereits etwas collenchymatisch. Ein Stamm von 6 cm Durchmesser besass eine sechsschichtige Korkrinde, deren Zellen auf dem Querschnitt tangential gestreckt, auf dem Längsschnitt isodiametral und mässig dickwandig waren. Chlorophyll ist stets in ihrem Inhalt zu finden. An einem ca. 40 cm dicken Stamm war ein

[1]) Sanio, p. 87.
[2]) Hartig, Forstl. Culturpflanzen, p. 355 (im 15.—20. Jahre).
[3]) Sanio, p. 69.

meist neun- bis zehnschichtiges Phelloderm entwickelt. Einzelne Zellen waren schwach sklerotisch, die übrigen collenchymatisch ausgebildet. Sie führten Chlorophyll und im Winter reichlich Oel.

Castanea vesca.

In der unter der Epidermis liegenden Rindenzelle entwickeln sich im ersten Jahre in centrifugal-intermediärer Folge[1]) etwa 5—6 kleine Peridermzellen mit mässig verdickten Wänden, aber nur eine Phellodermzelle, die vielfach isodiametrisch (ca. 12—18 μ) meist aber in radialer Richtung schwach abgeplattet ist. Auf dem Längsschnitt ist der der Stammaxe parallele Durchmesser do(-den so gross wie der radiale. Die Wände des Phelloderms sind ppelt so dick wie die des Periderms. Der Inhalt der (Korkrinnicht Zellen besteht stets aus Chlorophyll.

Zweijährige Zweige haben ebenfalls nur einschichtiges Phelloderm, dessen Wände bereits die Dicke der alten Peridermwände erreicht haben. Auf dem Längsschnitt sind die zur Axe des Stammes senkrechten Wände nicht so stark verdickt, wie die der Oberfläche parallelen. Dreijährige Internodien zeigen ein- bis zweischichtiges Phelloderm, dessen Zellen auf dem Querschnitt schon beträchtlich in tangentialer Richtung gedehnt erscheinen (bis ca. 36 μ). Die Wände sind erheblich collenchymatisch verdickt, auch die auf dem Längsschnitt senkrecht zur Oberfläche stehenden. Auch an vierjährigen Zweigen übersteigt das Phelloderm nie die Mächtigkeit von 2 Zelllagen; die Veränderungen, die durch den cambialen Zuwachs hervorgerufen sind, zeigen sich hier noch ausgeprägter. An einem armdicken Stamme fand ich noch keine Borke. Hier zeigten sich die durch die Thätigkeit des Cambiums verursachten Veränderungen am Phelloderm und an der primären Rinde in interessanter Weise. Während der Querschnitt in tangentialer Richtung langgestreckte Collenchymzellen an das Periderm angrenzend aufweist, zeigen sich auf dem radialen Längsschnitt isodiametrale, charakteristisch collenchymatische Phellodermreihen, ebenso sind die Elemente der primären Rinde, die an jungen Sprossen in Richtung der Achse langgestreckt sind, am älteren Stamme auf dem Längsschnitt isodiametrisch. Es ist daher interessant, zu beobachten, dass das Längsschnittsbild der primären Rinde und des Phelloderms eines älteren Stammes dem Bilde sehr ähnlich sieht, welches ein Querschnitt durch das Phelloderm und die primäre Rinde eines etwa zweijährigen Zweiges darbietet.

Quercus sessiliflora.

In der subepidermalen Rindenzelle werden im ersten Jahre durch centrifugal-intermediäre Theilung[2]) bis 7 Korkzellen und eine Phellodermzelle angelegt. Die letztere ist schon im einjährigen Zweige collenchymatisch, von geringer Grösse (tangen-

[1]) Vgl. Sanio p. 79.
[2]) Vgl. J. E. v. Weiss p. 53.

tialer Durchmesser 10 bis 18 μ) und führt Chlorophyll. In zweijährigen Sprossen findet man hin und wieder zwei Reihen von Phellodermzellen, in der Regel ist aber auch hier nur eine einzige Korkrindenzelle zu constatiren. Dreijährige Zweige besitzen 1 bis 2, selten mehr Phellodermschichten. Streckungen in tangentialer Richtung infolge der Cambiumthätigkeit war an manchen Stellen augenscheinlich, andere Stellen besassen ein nur wenig oder gar nicht tangential gestrecktes Phelloderm. An vierjährigen Zweigen zeigte sich keine Zunahme in der Mächtigkeit der Korkrinde, Bau und Inhalt stimmen mit denen jüngerer Phelloderme überein. Ein zehnjähriger Zweig besass an vielen Stellen 2 bis 3 Schichten, nicht selten bildete aber auch hier nur eine Phellodermzelle die innere Grenze der Phellogenproducte. Stets zeigten sich die Korkrindenzellen hier sehr collenchymatisch, sodass die Wanddicke vielfach beträchtlicher als das Lumen war.

An einem ca. 14jährigen Zweige constatirte ich als Regel drei sehr starke collenchymatisirte Phellodermzellen mit Chlorophyllinhalt. Hier war die Wirkung der tangentialen Dehnung in Folge des Dickenwachsthums sehr deutlich wahrzunehmen. Die Phellodermzellen waren auf dem Querschnitt tangential lang gestreckt und von nur geringem Volum. Die Borkebildung tritt erst ziemlich spät ein.[1]) Das Phelloderm innerer Korklagen übersteigt nur selten die Mächtigkeit von 3 Schichten, vielfach ist einschichtige Korkrinde unter der Borke anzutreffen. Ihre Elemente sind nicht selten isodiametral, meist radial etwas abgeplattet, rundlich, daher von vielen Intercellularen durchzogen und relativ dünnwandig. Sie führen reichlich Stärke und Krystalldrusen.

Qu. pedunculata. Das Phelloderm sowohl an jungen Zweigen wie an borkebedeckten Stämmen gleicht dem der vorigen Art. Auch das Periderm und Phelloderm der Wurzel zeigt keine Unterschiede von den bezüglichen Geweben des oberirdischen Stammes. Ich untersuchte von dieser Art einen Zweig, der in ähnlichen Verhältnissen wie die oben erwähnten Sprosse von *Salix* und *Ulmus* gewachsen war. Der durch die Ablenkung erzeugte Druck ist wohl die Hauptursache gewesen für die überaus mächtige Entwickelung des Phelloderms.

Die Schwielen der menschlichen Hand, die ja auf localen Druck zurückzuführen sind, sind übrigens der erwähnten Erscheinung analog. Die Phellodermzellen an der untersuchten Druckstelle, die in über 20 Schichten sich ausgebildet hatten, waren vielfach radial gestreckt oder isodiametrisch, nicht wie man erwarten sollte, in radialer Richtung „zusammengedrückt“, sie waren von gleicher Wanddicke wie an normalen Stellen des betreffenden Zweiges.

---

[1]) Hartig, Forstl. Culturpfl.
Dippel, Mikroskop. II. p. 165.

Qu. Suber. Im ersten Jahre werden bis zu zwei Phellodermzellen entwickelt[1]), mit Chlorophyll ausgestattet, ein dreijähriger Zweig besitzt nicht mehr als 3 Korkrindenzellen. Die Angabe Sanio's, dass in dreijährigen Internodien 6 Korkrindenzellen anzutreffen seien, kann ich nur als Ausnahme bestätigen. Auch die Vermuthung desselben, dass bei *Quercus Suber* die Phellodermschicht später zu besonderer Mächtigkeit heranwachsen dürfte, trifft nicht zu. An einem Stamm von Armdicke, an dem die bekannten Korkleisten bis 10 mm dick entwickelt waren, fand ich meist nur eine, im Maximum bis 3 Phellodermzellen, im Bau wie bei den vorigen Arten. Wie de Candolle[2]) schon angiebt, schliesst der Kork Gruppen von Steinzellen ein, es wird also Borke, freilich nur verschwindend wenig, im Verhältniss zu dem entwickelten Kork gebildet.

Ulmus effusa.[3])

Phellogen ist hier die an die Epidermis anschliessende Rindenzellreihe, welche durch centrifugal-intermediäre Theilung mehrere Korkzellschichten und in der Regel ein ein- bis zweischichtiges Phelloderm bildet. Die äussere Partie der Korkschichten ist braun gefärbt, die innere jüngere farblos. Die Phellodermzellen sind von mässiger Wanddicke und führen Chlorophyll. Im zweiten Jahre kommt zu den vorhandenen Phellodermzellen meist eine zweite resp. dritte Korkrindenzelle hinzu. Die vorjährigen ältesten Phellodermzellen zeigen vielfach schon die Wirkungen der cambialen Thätigkeit. Nicht selten finden sich Krystalle im Phelloderm.

An dreijährigen Zweigen ist das Phelloderm drei- bis vierschichtig, im übrigen wie an jüngeren Zweigen gebaut. Hier sind die radialen Reihen auf dem Querschnitt in Folge des secundären Dickenwachsthums vielfach gestört (tangentialer Durchmesser meist auf das Doppelte seiner ursprünglichen Länge gestreckt). Radiale Wände treten daher nicht selten nachträglich auf. Vierjährige Zweige besitzen ein selten mehr als vierschichtiges Phelloderm, welches vielfach so stark tangential gedehnt ist, dass es fast seinen parenchymatischen Charakter verliert. Auf dem Längsschnitt sind die Phellodermelemente nicht selten isodiametrisch. An sechsjährigen Zweigen sind in der Regel 4 bis 5 Korkrindenzellen zu finden. Auch 7jährige Zweige führen selten mehr, selbst an Zweigen von 3—4 cm Durchmesser habe ich nie mehr als 5—6 normal entwickelte Phellodermschichten gefunden, deren Elemente auf dem Querschnitt tangential sehr beträchtlich gestreckt waren und meist nachträglich aufgetretene Radialwände besassen. Unter der Borke[4]) entwickelt sich das Phelloderm zu einer Mächtigkeit von 5 bis 6 Schichten.[5]) Die

[1]) Vgl. Sanio p. 72.
[2]) Mémoires soc. phys. de Genève. XVI, I.
[3]) Möller, p. 70.
[4]) Möller, p. 70.
[5]) Möller giebt 6 bis 10 Schichten an.

Elemente der inneren Korkrinde sind von mässiger Wanddicke, abgerundet und führen Stärke und Krystalle.

Ulmus campestris. Als speciellen Fall möchte ich von dieser Art des Verhältnisses Erwähnung thun, welches sich durch den Contact zweier Zweige gebildet hatte. Die einem augenscheinlichen Druck ausgesetzte Berührungsstelle zeigte ein Phelloderm von über 20 Schichten. Die Zellen waren isodiametral, nicht selten sogar radial gestreckt mit abgerundeten Ecken und mässig dickwandig. An freien Stellen desselben Sprosses waren mehr als 7 Phellodermzellen nicht zu beobachten. Der Bau letzterer zeigt keine Verschiedenheiten von dem bei *U. effusa.*

U. suberosa. An einem zweijährigen Zweige, an dem die bekannten Korkleisten beträchtlich entwickelt waren, fand ich trotz der mächtigen Korkentwickelung ein nur geringes Phelloderm. An vielen Radialreihen bildete das Phellogen die Grenze zwischen Kork und primärer Rinde, an anderen Stellen waren 1 bis 2 Phellodermzellen entwickelt. 3 Schichten waren selten und nur als Maximum zu constatiren.

Morus alba.

Die äusserste Rindenzelle wird zur Initiale der Korkentwickelung, deren Product im ersten Jahre ca. 5 Peridermzellen und 1—2 Phellodermzellen (centrifugal-reciprok gebildet)[1]) sind. Letztere sind relativ dünnwandig. An zweijährigen Zweigen beträgt die Mächtigkeit des Phelloderms nicht mehr als 2 Zellen, deren Inhalt vorzugsweise aus Chlorophyll besteht. Auch an zwei- bis vierjährigen Zweigen beschränkt sich das Phelloderm nur auf 2 Schichten, dasselbe ist hier beträchtlich gedehnt, oft über das Doppelte des ursprünglichen tangentialen Durchmessers. Hin und wieder sind Krystalle im Phelloderm anzutreffen. Auch wenn die Borkebildung beginnt (was ziemlich spät erst eintritt) trifft man am Oberflächenperiderm selten mehr als 2 Phellodermschichten. Das an die inneren Peridermschichten angrenzende Phelloderm ist ebenfalls in der Regel zweischichtig, relativ dünnwandig, radial abgeplattet und führt feinkörnige Stärke.

M. nigra. Das Phelloderm stimmt in Bau und Mächtigkeit mit den betreffenden Elementen der vorigen Art fast völlig überein. Die in der Rinde vielfach vorkommenden Milchröhren habe ich bei der Korkbildung nie betheiligt gefunden.

Ribes Grossularia.

In der primären Rinde entstehen im ersten Jahre centrifugal-intermediär[2]) mehrere Phellodermzellen, die mässig dickwandig sind und Chlorophyll sowie Oel führen. Später vermehrt sich die Korkrinde beträchtlich, sodass ich z. B. an einem Stamm von ca.

---

[1]) Sanio, p. 84.
[2]) J. E. Weiss, p. 61.
Möller, p. 219.

1 cm Durchmesser eine sieben- und mehrschichtige Korkrinde fand. Die innersten ältesten Zellen derselben waren tangential langgestreckt, auf dem Längsschnitt isodiametrisch oder radial etwas abgeplattet. Chlorophyll und (im Winter) Oel ist in ihrem Inhalt zu beobachten.

R. rubrum zeigt dieselben Verhältnisse in Bau und Inhalt sowie in Bezug auf Mächtigkeit des Phelloderms.

Platanus orientalis.

Am einjährigen Zweige werden im ersten Jahre in der äussersten Rindenzellreihe ca. 3 Korkzellschichten mit verdickten, hier und da getüpfelten Wänden und eine Chlorophyll führende Phellodermzelle abgeschieden. Zweijährige Zweige führen meist eine zwei- bis dreischichtige Korkrinde, deren Zellen noch relativ dünnwandig sind und Chlorophyll sowie Oel enthalten. Vier- bis fünfschichtig fand ich das Phelloderm an einem ca. 1 cm dicken Zweige. Später kommen noch weitere Phellodermzellen hinzu. Die Borke wird ziemlich früh abgeschieden. Die inneren Periderme gleichen dem Oberflächenkork. Da die grossblättrige Schuppenborke am Stamm meist nicht lange haften bleibt, so ist dieser an den von der Borke entblössten Stellen nur von einer dünnen Peridermschicht bedeckt, auf welche ein fünf- und mehrschichtiges Phelloderm folgt. Dieses gleicht dem primär entwickelten und führt Chlorophyll und Oel.

Cydonia vulgaris.

Die Epidermis wird hier zum Phellogen. Im ersten Jahre bilden sich in centripetaler, seltener in centripetal-intermediärer Reihenfolge [1]) zwei Wände, deren äussere zwischen zwei künftigen Peridermzellen liegt, während die innere, erst nach Verkorkung der äusseren Zelle entstandene Wand nach innen die Mutterzelle für weitere Theilungen abschliesst. Von einem Phellogen im de Bary'schen Sinne [2]) ist hier nichts zu beobachten; denn sofort nach Bildung der ersten Wand verkorkt die dadurch entstandene äussere Tochterzelle, ehe noch eine weitere Wand aufgetreten ist. Ein streng meristematisches Gewebe ist hier also noch nicht angelegt, die äusserste Korkzelle geht direct aus der Epidermis durch nur einmalige Theilung derselben hervor. Dieser Vorgang wiederholt sich in der inneren Tochterzelle in gleicher Weise, es ist hier demgemäss Phelloderm nicht zu erwarten (abgesehen von den Lenticellen, an denen dasselbe reichlich entwickelt ist), denn das Phellogen ist die innerste Zelle einer jeden radialen Reihe. Auch an zweijährigen Trieben habe ich Phelloderm nicht zu beobachten vermocht. [3]) Dreijährige Indernodien dagegen zeigen an vielen Stellen ein allerdings nur einschichtiges Phelloderm von tafelförmigem Bau der Zellen, mit unverdickten Wänden,

---

[1]) Vgl. Sanio, p. 59.
[2]) Vgl. de Bary, Vgl. Anatomie, p. 115.
[3]) Vgl. aber Sanio, l. c. p. 59.

nur die Innenwand als Rest der Epidermismembran besitzt collenchymatischen Charakter. Der tangentiale Durchmesser derselben ist vielfach auf das Doppelte vergrössert (18 μ), verglichen mit dem der ursprünglichen Initiale. Das Phelloderm führt Chlorophyll. Vierjährige Triebe besitzen eine ein- bis zweischichtige Korkrinde; die Elemente derselben gleichen denen der vorjährigen Indernodien, nur hat natürlich der cambiale Zuwachs ihren tangentialen Durchmesser verlängert (bis 27 μ). An fünfjährigen Zweigen fand ich zwei bis sieben Phellodermzellen, die meist stark verdickte Wände besassen und Chlorophyll führten. Uebrigens ist die Mächtigkeit der Korkrinde in der Nähe der Lenticellen viel beträchtlicher als in andern, weiter von den Rindenporen entfernten Theilen. In der Nachbarschaft der Lenticellen finden wir vielfach bis siebenschichtige Korkrinde, während weiter davon entfernt zweischichtiges Phelloderm nicht selten anzutreffen ist. An Stämmen von ca. 1 dcm Durchmesser fand ich noch keine Borkebildung, die Phellodermzellen erscheinen daher auf dem Querschnitt sehr stark verlängert, so dass ihre Entstehung aus dem Querschnittsbild vielfach nicht mehr ersichtlich ist. Der radiale Längsschnitt dagegen giebt über die Mächtigkeit klaren Aufschluss, da in der Richtung der Längsaxe keine so starke Störung stattfindet. Es ist hier ein Phelloderm von 3 bis 7 Schichten anzutreffen. Die Elemente sind stark collenchymatisch verdickt, führen Poren und im Innern Chlorophyll.

Pirus Malus.

In der Epidermis werden im ersten Jahre drei Wände gebildet, nach Sanio in centripetaler Folge,[1]) so dass also eine Phellodermzelle nicht gebildet würde. Nach meiner Beobachtung findet nun eine rein centripetale Theilung im ersten Jahre allerdings statt, so zwar, dass nicht die innerste der so entstandenen Tochterzellen zum Phellogen wird, vielmehr die zweite von innen ab gerechnet. Die innerste Zelle ist daher als Phelloderm anzusehen. Sanio verneint zwar die Existenz von Korkrinde, indessen zeigt die Jodschwefelsäurereaction deutlich in jeder Zellreihe zwei innere Zellen, deren Wände blau gefärbt sind. Im zweiten Jahre treten zuweilen neue Radialwände auf, deren beschränktes Vorkommen der beste Beweis für die Existenz von Phelloderm ist, insofern als sie bis zur innersten Zelle gehen, diese selbst aber nicht theilen, ebenso wie die beiden äusseren Peridermzellen die Radialwand nicht besitzen. Eine zweite Phellodermzelle kommt hin und wieder hinzu; in der Regel ist auch an zweijährigen Zweigen das Phelloderm nur einschichtig, chlorophyllführend und von mässiger Wanddicke. Auch an dreijährigen Internodien kommen nur hin und wieder mehr als 1 bis 2 Phellodermzellen vor. 4- bis 6jährige Zweige besitzen in der Regel im Maximum nur 2 bis 3 Phellodermzellen; an vielen Stellen ist aber auch hier die Korkrinde nur einschichtig. Die Phellodermzellen sind hier

[1]) Sanio, p. 61.

um das vielfache ihrer ursprünglichen Länge tangential gedehnt. Unter der Borke,[1]) die relativ früh entsteht, findet man meist dreischichtiges, reichlich mit Intercellularen ausgestattetes Phelloderm, dessen Elemente verhältnissmässig dünnwandig sind und Stärke führen.

Pirus communis. Im Grossen und Ganzen ist der Bau des Periderms und Phelloderms mit den betreffenden Elementen der vorigen Art übereinstimmend. Nicht unerwähnt mag eine Erscheinung bleiben, die in der Epidermis des Stammes und im Kork nicht selten zu beobachten ist. Es finden sich nämlich in diesen beiden Geweben an den Wänden vielfach wulstförmige Verdickungen, die weder von Schwefelsäure noch durch Salzsäure angegriffen werden; nach dem Glühen sind die Wülste nicht mehr zu finden, Kieselsäure ist also wohl nicht in ihnen enthalten. Wahrscheinlich sind sie wie die Peridermwände und die Cuticula verkorkt. Das Phelloderm erreicht in der Regel die gleiche Mächtigkeit wie das der vorigen Art. An oberflächlichem Phelloderm ist vorzugsweise Chlorophyll und Oel, an borkebedecktem Kork Stärke und Oel im Inhalt zu beobachten.

Sorbus aucuparia.

In der Epidermis werden im ersten Jahre mehrere,[2]) auf den äusseren Tangentialwänden stark verdickte Korkzellen und in der Regel eine Chlorophyll führende, mässig dickwandige Phellodermzelle entwickelt. An einem Zweige von 1 cm Durchmesser war die Korkrinde zweischichtig und bereits collenchymatisch. Später kommt noch eine dritte Phellodermzelle hinzu, so dass z. B. an einem Stamm von $1^3/_4$ dem Durchmesser das Phelloderm nur dreischichtig ist. Die Zellen haben sich in Folge der tangentialen, durch das Dickenwachsthum (Fig. 6—7) erzeugten Dehnung vielfach durch radiale Wände getheilt und sind stark collenchymatisch. Chlorophyll findet sich im Inhalt. Borke habe ich in nur abnormer Weise entwickelt gefunden. Die sie abscheidende Korkschicht gleicht der oberflächlich entwickelten; das Phelloderm tritt unter der Borke dreischichtig auf, die Zellen sind relativ dünnwandig und führen Stärke.

Mespilus Germanica.

In der Epidermis bilden sich im ersten Jahre mehrere Korkzellen (centripetal-intermediär) mit stark verdickten Aussenwänden. Vielfach sind die Innenwände ebenfalls sklerotisch und führen dann Tüpfel, in diesem Fall sind die angrenzenden Wände der Nachbarzellen dünn und ohne Poren.[3]) 1 bis 2 Korkrindenzellen werden im ersten Jahre gebildet. Sie sind dünnwandig und führen Chlorophyll. Ein Zuwachs an Phelloderm findet im zweiten Jahre in der Regel nicht statt, so dass auch an zweijährigen Zweigen die Korkrinde auf 1 bis 2 Schichten beschränkt ist.

---

[1]) Möller, p. 360.
[2]) Sanio, p. 61.
[3]) Vgl. Sanio, p. 60 und Fig. 1, Tafel VII.

Auch in späteren Jahren kommen neue Phellodermzellen zu den alten nicht hinzu. An einem Ast von 1 cm Durchmesser fand ich eine 1- bis höchstens 2schichtige Korkrinde, zuweilen war die Phellogenzelle selbst die innerste der betreffenden Radialreihe. Die vorhandenen Phellodermzellen waren naturgemäss auf dem Querschnitt um das Vielfache ihres ursprünglichen tangentialen Durchmessers gedehnt. Innere Periderme treten relativ spät auf, an Stämmen bis über $1^1/_2$ dcm Dicke bedeckt nur Oberflächenperiderm die Rinde; ein Stamm von 2 dcm Durchmesser dagegen besass Borke, die sich in glatten Schuppen ablöste. Der Bau des inneren Periderms stimmt mit dem des oberflächlich entwickelten überein. Die Schichten bestehen aus zuweilen mehr als 10 Zellen, das Phelloderm erreicht eine grössere Mächtigkeit als am Oberflächenperiderm, sie beträgt 3 bis 5, zuweilen noch mehr Schichten. Die Korkrindenzellen sind mässig dickwandig, radial nur wenig abgeplattet oder isodiametral, mit zahlreichen Poren versehen und führen reichlich Oel.

Crataegus coccinea.

In der Epidermis entstehen im ersten Jahre centripetal mehrere Korkzellen mit stark verdickten Aussenwänden, nur lokal finden centripetal-intermediäre Theilungen statt, so dass dann eine Phellodermzelle zu Stande kommt. In der Regel wird Korkrinde nicht gebildet. Auch an dreijährigen Zweigen ist meist das Phellogen die innerste Zelle einer jeden Radialreihe. An einem Ast von ca. 5 cm Durchmesser fand ich eine einschichtige Korkrinde, deren Zellen auf dem Querschnitt tangential langgestreckt, auf dem Längsschnitt nahezu isodiametral und typisch collenchymatisch waren. Chlorophyll war im Inhalt. Die inneren Periderme bestehen aus nur wenigen Schichten, deren Elemente denen des Oberflächenperiderms gleichen. Daran schliesst sich die Korkrinde in einer ein- bis dreifachen Schicht. Die Phellodermzellen sind mässig dickwandig, radial abgeplattet oder isodiametrisch, porös und führen Stärke.

Prunus Cerasus.

Am einjährigen Sprosse entsteht im ersten Jahre neben mehreren Korkzellen aus der äussersten Rindenzelle eine Chlorophyll führende Phellodermzelle von mässiger Wanddicke.[1]) Zweijährige Zweige besitzen eine meist zweischichtige Korkrinde. Die Zellen sind auf dem Querschnitt tangential etwas gestreckt, auf dem Längsschnitt isodiametrisch. Im dritten Jahre sind die Phellodermzellen bereits tangential beträchtlich verlängert, an einzelnen Stellen sind ihre vorher streng radialen Wände schief gestellt, so dass die fast faserförmigen Zellen (nicht selten) zugeschärft erscheinen. Die Korkrinde ist hier meist zwei- bis dreischichtig. Später werden die Phellodermzellen stark collenchymatisch und runden sich gegen einander ab, die Mächtigkeit nimmt ebenfalls

[1]) Sanio, p. 85.

zu, so dass in einem ca. 1 cm dicken Ast 4 bis 5 Schichten anzutreffen sind. Die Borke tritt ziemlich spät auf,[1]) an Stämmen von $1^1/_2$ dem Durchmesser fand ich nur Oberflächenperiderm. An die inneren Periderme schliesst ein Phelloderm von 1 bis 4 Schichten an. Die Zellen desselben sind mässig dickwandig und führen Stärke.

Pr. avium: Das Phelloderm verhält sich im Ganzen ebenso wie bei der vorigen Art. Nicht unerwähnt mag bleiben, dass sich im Lauf der Entwicklung einzelne, in Folge der Cambiumthätigkeit tangential lang gestreckte Rindenzellen zu bastfaserartigen Elementen umgebildet haben, darunter zuweilen auch Phellodermzellen. Es entsteht auf diese Weise in der primären Rinde secundär ein Geflecht von primären, axial verlaufenden und secundären, tangential orientirten bastfaserartigen Elementen, welche der primären Rinde naturgemäss einen hohen Grad von Festigkeit verleihen.

Cytisus Laburnum.

Phellogen ist im einjährigen Zweige die zweit- oder drittäusserste Rindenzellreihe, sie entwickelt im ersten Jahre centrifugal-intermediär[2]) mehrere Korkzellschichten mit stark verdickten Aussenwänden[3]) und zwei bis drei Phellodermzellschichten, die im ersten Jahre noch relativ dünnwandig sind und Chlorophyll führen. An einem Zweige von 1 cm Durchmesser war die Korkrinde überall dreischichtig, nur wenige Stellen besassen vier und mehr Schichten. Die Zellen waren tangential bereits gestreckt und collenchymatisch. Noch ausgeprägter zeigt sich der Einfluss des secundären Dickenwachsthums an älteren Stämmmen. Dort ist das Phelloderm sechs- und mehrschichtig, tangential langgestreckt und stark collenchymatisch. Chlorophyll und Oel findet sich im Inhalt. Borke habe ich nur an Stellen, wo Wundkork erzeugt war, beobachtet. Das im Anschluss daran entwickelte Phelloderm bestand aus zartwandigen Zellen mit Stärkeinhalt.

Robinia Pseud-Acacia.

Die Entstehung des ersten Periderms[4]) und somit auch des Phelloderms geht unterhalb der Epidermis in der zweitnächsten Rindenzellschicht, zuweilen auch tiefer, vor sich. Hier gehen durch centrifugale Wandbildungen zwei Phellodermzellen aus der Phellogenzelle hervor, doch kann in manchen Fällen die Phellogenzelle auch die innerste Zelle einer Radialreihe bilden. Die entwickelten Phellodermzellen besitzen Chlorophyll und führen sehr häufig Krystalle von Calciumoxalat. Ihre Grösse ist abgesehen von der radialen Richtung natürlich bedingt durch das Volumen der Rindeninitiale; der tangentiale Durchmesser beträgt etwa 11—20 μ und ist mehr als doppelt so gross wie der radiale, so

[1]) Vgl. aber M. Köppen in Nov. Acta Leopold. Bd. XIII. 5. p. 473 ff.
[2]) Sanio p. 93.
[3]) Haberlandt, Physiologische Pflanzenanatomie. II. Auflage (Fig. 38)
[4]) Sanio p. 92 in Pringsheim's Jahrbüchern. II. Fig. 45—48.

dass die Phellodermzellen radial zusammengedrückt erscheinen. Im zweijährigen Zweige ist zu den zwei vorhandenen Phellodermzellen eine dritte hinzugekommen, die im Bau und Ausbildung den beiden vorjährigen gleicht. Im Periderm des zweijährigen Internodiums sind zwei Schichten von Korkzellen zu erkennen, deren Differenz an diejenige im Jahresring des Coniferenholzes erinnert. Es sind nämlich tafelförmige Korkzellen mit verdickten Wänden, die die Periode der erstjährigen Korkentwicklung abschliessen. Von ihm heben sich analog dem Frühlings- und Herbstholz im Coniferenstamm nun die im zweiten Jahre zuerst entstandenen, dünnwandigen und weitlichtigen, isodiametralen Peridermzellen ab, auf welche dann wieder die zuletzt entwickelten, dickwandigen und heterodiametralen Korkzellen folgen. Im Phelloderm macht sich ein solcher Unterschied nicht bemerkbar. Dreijährige Zweige zeigen ca. 4—6 Phellodermzellen, auch an vierjährigen Internodien geht die Mächtigkeit der Korkrindenschicht nicht über 6 Phellodermzellen hinaus. Fünfjähriges Phelloderm zeigt schon recht erhebliche tangentiale Verlängerung. Hier sind auf dem Querschnitt Phellodermzellen mit 36—50 μ tangentialem Durchmesser nicht selten. Die hierdurch bewirkte Störung in der radialen Anordnung macht es vielfach unmöglich, nur auf Querschnitten die inneren, also ältesten Schichten des Phelloderms von der primären Rinde zu unterscheiden. Dagegen bietet der radiale Längsschnitt stets ein genaues Bild vom Umfang der Korkrindenschicht. In vielen Fällen beginnt schon im fünfjährigen Zweige, zuweilen noch früher, die Borkebildung.[1]) Die Peridermzellen sind im Bau von den Zellen des Aussenperiderms nicht verschieden, auch hier sind die zuerst entstandenen Zellen zartwandig, weitlumig, die letzten, jüngsten Peridermzellen sind tafelförmig und mit verdickten Wänden ausgestattet. Die Mächtigkeit des inneren Phelloderms übersteigt nur selten 2 Korkrindenzellen. Dieselben gleichen im Bau den Phellodermzellen der oberflächlichen Peridermzone; ihre Entstehung ist nicht verschieden von der Entwicklungsgeschichte des ersten Periderms resp. Phelloderms. Die Peridermzonen treten sehr unregelmässig auf und sind vielfach in der Mächtigkeit und Art der Ausbildung verschieden von einander. Vielen Peridermzonen innerhalb der Borke fehlt das Phelloderm, hier machen sich auch die oben erwähnten Differenziruugen im Lumen und in der Wanddicke nicht geltend. Die Entstehung derartiger Zonen geht auf demselben Theilungswege vor sich wie bei den anderen, normal ausgebildeten inneren Korkzonen; es verkorken aber bis auf die innerste Zelle alle anderen centrifugal abgeschiedenen Producte des Phellogens, so dass ein dauerndes Phelloderm meist nicht zu Stande kommt. Ist indessen eine solche Zone ohne Phelloderm beim Aufhören der Wachsthumsthätigkeit im Herbst die Grenze zwischen Borke und lebender Rinde, so wird in der Regel im nächsten Sommer[2]) aus-

[1]) Vergl. Th. Hartig, Forstliche Culturpflanzen.
[2]) Zu Anfang Juli waren die ersten Wände zu beobachten.

der innen gelegenen Phellogenzelle in centrifugal-intermediärer Reihenfolge Periderm und zweischichtiges Phelloderm anschliessend an die vorjährige Zone abgeschieden (Fig. 5), so dass diese Zone, das Product zweijähriger Phellogenthätigkeit, weitlumig-dünnwandige und tafelförmig-derbwandige Korkzellen und ein zweischichtiges Phelloderm besitzt. Die Phellodermelemente innerer Korkzonen sind im Allgemeinen etwas grösser wie diejenigen des Oberflächenperiderms (tangentialer Durchmesser ca. 20—40 μ), ihre Wandungen sind zarter, ihr Volum grösser als das der unter dem Oberflächenperiderm liegenden Korkrindenzellen. In der Wurzel sind die gleichen Verhältnisse zu beobachten, so dass die Producte des Phellogens in der Wurzel von denen im Stamm nicht zu unterscheiden sind; am oberflächlichen Periderm könnte höchstens der Chlorophyllgehalt der Phellodermzellen im oberirdischen Stamm als Kriterium dienen. Das Periderm der Wurzel zeigt denselben Bau wie das im Stamme, dieselbe Differenzirung von weitlumigen, relativ zartwandigen und tafelförmigen, dickwandigen Zellen, dieselbe Mächtigkeit, ebenso weist das Phelloderm innerhalb der Borke der Wurzel nur 2 Zellen auf, die im Bau und in der Grösse denen des Stammes gleichen.

Caragana arborescens.

Das Phellogen tritt ziemlich tief im Innern der primären Rinde auf[1]) und schliesst die in derselben vorkommenden Bastbündel (Möller führt sie als rindenständige Gefässbündel an) nach innen ab, indem es ein aus tangential verlängerten, radial isodiametrischen Zellen bestehendes Periderm erzeugt. Das daran anschliessende Phelloderm ist schon im ersten Jahre mehrschichtig; jedoch ist die Mächtigkeit, wie auch Weiss[2]) beobachtet hat, sehr schwankend; so ist an manchen Stellen eine fünfschichtige Korkrinde entwickelt, während ebenso häufig 2 und 3 Schichten zu finden sind. Das Phelloderm ist relativ zartwandig, auf dem Querschnitt länglich, auf dem Längsschnitt isodiametrisch, ebenso die Korkzellen (von denen Möller[3]) tafelförmige Gestalt angiebt). An älteren Zweigen wird das Phelloderm in der Regel etwas collenchymatisch, übersteigt aber die Mächtigkeit von 5 Schichten nur selten. In allen Fällen enthält es Chlorophyll. Borke habe ich nicht beobachtet.

Ptelea trifoliata.

Im ersten Jahre entstehen unmittelbar unter der Epidermis centrifugal-intermediär mehrere inhaltlich braun gefärbte, relativ dünnwandige Peridermzellen und meist zwei Phellodermzellen. Diese sind an einjährigen Zweigen nach Beendigung der Wachsthumsperiode in zwei Formen anzutreffen: entweder findet man zartwandige, Chlorophyll und Krystalle führende Zellen oder typisch ausgebildetes, reichlich mit verzweigten Poren versehenes

[1]) Sanio p. 95.
[2]) J. E. Weiss. p. 64.
[3]) Möller. p. 384.

Sklerenchym. Beide Formen sind gleichmässig über die ganze Korkrindenlage vertheilt. An einem zweijährigen Zweige fand ich die Korkrinde dreischichtig, theils aus sklerotischen, theils aus dünnwandigen, Chlorophyll enthaltenden Zellen bestehend. Später kommen noch weitere Phellodermzellen hinzu; so fand ich an einem Zweige von ca. 1 cm Durchmesser die Korkrinde sechsschichtig; sie bestand zum grösseren Theile aus Sklereiden. Die Borke tritt[1]) an Stämmen von ca. 1 dcm Dicke auf; das Periderm, durch welches sie erzeugt wird, gleicht dem oberflächlich entwickelten; doch fehlt ihm der braune Inhalt. Daran schliesst sich ein meist sechsschichtiges Phelloderm, dessen mittlere drei Zellen sklerotisch sind, während die innerste und die beiden äusseren zarte Wände haben und Stärke führen Doch sind Abweichungen von dieser Regel nicht ausgeschlossen.

Buxus sempervirens.

Das Periderm wird an einjährigen Zweigen nur hier und da aus Zellen der primären Rinde centripetal gebildet.[2]) Vorwiegend sind einjährige Zweige auch am Ende der erstjährigen Wachsthumsperiode noch korkfrei. Da die Theilungsfolge im Phellogen centripetal ist, so wird Phelloderm nicht gebildet. Auch später bleibt die Thätigkeit rein centripetal. So war an einem Zweige von 1 cm Durchmesser kein Phelloderm zu beobachten. Auch die inneren Periderme, die ziemlich früh auftreten (so z. B. an Zweigen von 2 cm Durchmesser), sind nicht von Phelloderm begleitet. Sie bestehen aus nur wenigen (meist nur drei) Schichten von zartwandigen Korkzellen, die, wie auch das Oberflächenperiderm, durch ihren Luftgehalt ausgezeichnet sind.

Rhus typhina.

Im ersten Jahre entstehen aus der obersten Rindenzellschicht mehrere Korkzellen mit stark verbogenen Wänden (ähnlich dem Periderm von *Syringa*) und in der Regel eine Phellodermzelle, die relativ dünnwandig ist und Chlorophyll, nicht selten auch Oeltröpfchen enthält. An einem dreijährigen Zweige fand ich meist eine zweischichtige und Chlorophyll und Oel führende Korkrinde. An einem Ast von ca. 1 cm Durchmesser bilden in der Regel 3 bis 4 Zellschichten das Phelloderm. Die Zellen sind tangential stark gedehnt und mässig dickwandig. An den Kanten sind sie vielfach collenchymatisch. Unter der Borke, die etwa bei armdicken Stämmen aufzutreten beginnt, findet sich das Phelloderm in einer Mächtigkeit von 6 und mehr Schichten. Die Zellen sind relativ zartwandig, radial etwas abgeplattet, sie führen sehr reichlich in kleine Tröpfchen vertheiltes Oel, wie überhaupt die ganze Rinde durch grossen Reichthum an Oel ausgezeichnet ist.

---

[1]) Möller. p. 326.
[2]) Möller. p. 303.

Acer Pseudoplatanus.

Die unter der Epidermis liegende Rindenzelle bildet als Phellogen im ersten Jahre eine beträchtliche Zahl von schwach verdickten Peridermzellen in centrifugal-intermediärer Folge,[1]) daneben werden 1 bis 2 Phellodermzellen erzeugt. Diese besitzen mässig verdickte Wände, sind entsprechend der Mutterzelle klein (tangentialer Durchmesser bis ca. 18 μ), radial abgeplattet und führen Chlorophyll, ausserdem nicht selten, wie das Parenchym der Rinde, fettes Oel. Zweijährige Internodien zeigen selten mehr als 2 Phellodermzellen. Ein dreijähriges Phelloderm ist in seiner Mächtigkeit meist nur auf drei Zellreihen beschränkt. Die innersten, aus dem erstjährigen Phellogen stammenden Phellodermzellen sind bereits beträchtlich tangential gedehnt (bis 36 μ), vielfach auf das Doppelte der ursprünglichen Grösse, sie erscheinen daher radial stark zusammengedrückt. Ihre Wände haben sich inzwischen nicht unbedeutend verdickt, so dass namentlich die innersten, ältesten ausgeprägt collenchymatischen Charakter besitzen. Chlorophyll und fettes Oel ist ihr Inhalt. Krystalle habe ich nicht beobachtet. Uebrigens ist zuweilen lokal das Phelloderm mächtiger, bis zu 6 radialen Reihen, entwickelt. Möglicherweise spielen hier ungleiches Wachsthum und daraus resultirende ungleiche Druckverhältnisse eine beeinflussende Rolle. Das in der primären Rinde einjähriger Zweige langgestreckte Collenchym hat sich im dreijährigen Spross durch senkrecht zur Längsachse gerichtete Wände in Zellen getheilt, die auf dem radialen Längsschnitt nur wenig in Richtung der Sprossaxe verlängert sind. Auf dem Querschnitt dagegen sind an manchen Stellen die Collenchymzellen, die vorher isodiametral waren, in Folge des cambialen Zuwachses tangential stark gedehnt. Vier bis fünf Zellreihen bilden in vierjährigen Zweigen das Phelloderm, welches unter dem Einfluss der Cambiumthätigkeit auf dem Querschnitt derart verschoben ist, dass seine Entstehung aus dem Phellogen meist nur noch an den jüngsten Korkrindenzellen zu erkennen ist. Indessen bietet der radiale Längsschnitt sichere Anhaltspunkte zur Entscheidung. Der Inhalt ist derselbe wie im Phelloderm jüngerer Internodien. An einem fünfjährigen Zweige fand ich nicht selten drei, meist nur vier Phellodermzellen, Chlorophyll und Oel führend. Einige Querschnitte zeigten bereits Borkebildung und an diesen Stellen eine überaus reichliche, chlorophyll- and ölführende Phellodermschicht. Die Mächtigkeit derselben betrug 10—18 Tangentialreihen. Doch ist diese Entwicklung wohl als Anomalie aufzufassen, vermuthlich hat hier Verwundung stattgefunden, welche die frühzeitige Borkebildung hervorgerufen hat. In der Regel tritt die Abscheidung von Borke erst an beträchtlich älteren Stämmen auf.

Auch sechsjährige und noch ältere Zweige führen nur Oberflächenperiderm mit einem 4—6 schichtigem Phelloderm, das mit Chlorophyll und Oel ausgestattet ist. In alten, mit Borke bedeckten

[1]) Vergl. Sanio. p. 76.

Stämmen ist unter derselben ein nicht unbeträchtliches Phelloderm zu constatiren. Die Mächtigkeit übersteigt zuweilen 8 Schichten, 6 Zellen in radialer Reihe sind die Regel. Ihre Grösse deckt sich etwa mit der der Phellodermzellen junger Zweige mit Oberflächenperiderm. Die Wände sind nur schwach verdickt, in der Regel nicht getüpfelt. Sie führen hier nicht mehr Chlorophyll (da die Borke das Licht natürlich abhält), sondern Stärke und fettes Oel. Sie dienen demgemäss ihrer Rindenzellnatur entsprechend als Reservestoffbehälter.

A. platanoides. Die in Betracht kommenden Verhältnisse sind hier wenig verschieden von dem der vorigen Art. Das Phelloderm an alten borkebedeckten Stämmen ist nicht so mächtig entwickelt, sondern in der Regel auf 2—3 Schichten beschränkt, deren Elemente in Bau und Inhalt mit denen bei voriger Art übereinstimmen. Das Periderm, das im Gegensatz zu dem braunen Kork des *A. Pseudoplatanus* farblos ist, differenzirt sich hier noch schärfer in dickwandige Lagen und weitlumige, zartwandige Schichten.

A. Negundo. Zwei bis drei Phellodermschichten sind an alten Stämmen unter der Borke vorhanden. Sie sind nicht verschieden von denen der anderen Arten. Erwähnung verdient, dass der geschichtete [1]) Kork in den derbwandigen Zellen mit Poren versehen ist.

A. Tartaricum. Das geschichtete braune Periderm ist dem Kork von *A. Pseudo-platanus* ähnlich, das darunter liegende Phelloderm ist bei Borkeexistenz vier- bis mehrschichtig, an der Oberfläche Chlorophyll und reichlich Oel führend. Der Bau desselben ist wie bei den anderen Arten.

Aesculus Hippocastanum.

Im ersten Jahre wird in der Regel nur eine Phellodermzelle gebildet, [2]) welche mässig dickwandig ist und Chlorophyll führt. Im zweiten Jahre kommt eine neue Phellodermzelle, zuweilen auch zwei, hinzu. An einem Zweige von ca. 2 cm Dicke war das Phelloderm in einer Mächtigkeit von sieben und mehr Zellen entwickelt. Von diesen zeigten sich die innersten, ältesten tangential lang gestreckt und stark collenchymatisch. Ein Zweig von 2 dcm Dicke besass zehnschichtiges, stark collenchymatisches Phelloderm. Die Borke tritt ziemlich spät auf, an Stämmen von 2 dcm Dicke ist nur Oberflächenperiderm zu beobachten. Unter der Borke entwickelt sich eine sieben- und mehrschichtige Korkrinde von relativ dünnwandigen, reichlich getüpfelten Zellen, welche Stärke führen.

Rhamnus Cathartica.

In der obersten Rindenzelle kommen durch centripetal-intermediäre Theilungen mehrere Korkzellen und eine Phellodermzelle im ersten Jahre zur Entstehung. Die äussere Partie der Kork-

---

[1]) Möller. p. 414
[2]) Sanio. p. 86. (In centrifugal-intermediärer Folge.)

schicht ist inhaltlich braun gefärbt. Die Wände sowohl im Periderm als im Phelloderm sind anfangs dünn. Chlorophyll ist der Inhalt der Korkrindenzellen. Im zweiten Jahre kommt in der Regel keine neue Phellodermzelle hinzu. Die vorhandenen Korkrindenzellen sind bereits auf dem Querschnitt tangential verlängert, auf dem Längsschnitt erscheinen sie isodiametrisch und etwas collenchymatisch mit reichlichen Intercellularen. Auch im dritten Jahre bleibt die Korkrinde nur einschichtig, die Zellen sind bereits ausgeprägt collenchymatisch. An einem Zweige von 3 cm Durchmesser bestand das Phelloderm aus 2 Schichten, die Zellen waren auf dem Querschnitt kaum noch parenchymatisch zu nennen, auf dem Längsschnitt erschienen sie typisch collenchymatisch ausgebildet. Unter der Borke, die relativ frühzeitig auftritt,[1]) kommt ebenfalls ein nur gering entwickeltes Phelloderm zur Bildung. Es besteht in der Regel nur aus einer Schicht von Zellen, die isodiametrisch oder schwach radial abgeplattet, mässig dickwandig sind und Stärke führen. *Rh. Frangula* ist wenig verschieden von der beschriebenen Art.

Tilia parvifolia.

Im ersten Jahre wird neben mehreren Korkzellen in der Regel eine Phellodermzelle aus der äussersten Rindenzelle centrifugal-intermediär entwickelt.[2]) Nicht selten entstehen auch in der Epidermis zwei Wände, die verkorken, so dass drei Korkzellen aus derselben hervorgehen. Alsdann wird die äusserste Rindenzelle zum Phellogen. Im zweiten Jahr wird das Phelloderm nicht vermehrt. Indessen kommen in späteren Jahren noch einige Zellen zum Phelloderm hinzu. So fand ich z. B. an einem Zweige von 5 cm Durchmesser eine drei- bis vierschichtige Korkrinde. Die Zellen sind hier auf dem Querschnitt tangential lang gestreckt, auf dem radialen Längsschnitt isodiametral und stark collenchymatisch. Unter der Borke ist das Phelloderm nur in geringem Masse entwickelt: eine ein- bis dreizellige Schicht von mässig dickwandigen, Stärke führenden Zellen grenzt den Kork von der secundären Rinde ab.

Daphne Mezereum.

Die Korkbildung geht in der Epidermis durch centripetale Theilungen vor sich; es wird also im ersten Jahre kein Phelloderm gebildet. Auch später ist die Phellogenzelle die innerste einer jeden radialen Reihe. Die Wände der Korkmutterzelle sind stark collenchymatisch, ebenso die des primären Rindenparenchyms, und zwar ist dies Collenchym besonders an dickeren Stämmen vorzugsweise gegen tangentialen Zug widerstandsfähig. An einem Stamm von 2 cm Durchmesser ist kein Phelloderm gefunden worden. Borkebildung habe ich nicht beobachtet.

---

[1]) Möller. p. 293.
[2]) Sanio. p. 77.

Hedera Helix.

Das Periderm entsteht unmittelbar unter der Epidermis durch centrifugal-intermediäre Theilungen; es werden im ersten Jahre mehrere Korkzellen[1]) und eine bis zwei Phellodermzellen gebildet, welche, mit mässig dicken Wänden ausgestattet, Chlorophyll führen. An einem Zweige von ca. 1 cm Durchmesser fand ich eine vier- bis fünfschichtige Korkrinde, deren innerste Zellen beträchtlich tangential gedehnt und mässig collenchymatisch erschienen. Ein Stamm von 2 cm Durchmesser besass ein fünf- bis achtschichtiges Phelloderm; die Zellen waren auf dem Querschnitt tangential lang gestreckt; auf dem Längsschnitt erschienen namentlich die innersten, ältesten Zellen stark collenchymatisch. An einigen Stellen war Borke entwickelt. Das innere Periderm glich dem Oberflächenkork, eine drei- oder mehrschichtige Korkrinde von relativ zartwandigen, Stärke führenden, meist isodiametralen Zellen schloss sich daran.

Cornus mas.

Die unter der Epidermis liegende Rindenzelle wird zum Phellogen und scheidet im ersten Jahr centripetal-intermediär[2]) eine Reihe zartwandiger Korkzellen und 1 bis 2 Phellodermzellen ab. Letztere sind mässig dickwandig bis auf die innerste, deren tangentiale innere Wand als Rest der Mutterzellenwand beträchtlich verdickt ist. Sie führen Chlorophyll. An zweijährigen Zweigen sind 2 Phellodermzellen das Maximum der Korkrindenmächtigkeit. Dreijährige Sprossen besitzen meist 3schichtiges Phelloderm, dessen Elemente durch das cambiale Wachsthum tangential oft auf das doppelte des ursprünglichen Tangentialdurchmessers gedehnt sind. Borke wird relativ frühzeitig gebildet. Das Periderm unter derselben gleicht dem oberflächlich entwickelten. Das Phelloderm tritt in der Regel in der Mächtigkeit von 4, selten mehr Schichten auf. Die Phellodermzellen sind durch ihren Reichthum an Poren ausgezeichnet, von mässiger Wanddicke; Stärke und hin und wieder Oel ist in ihnen aufgespeichert.

Fraxinus excelsior.

Die Bildung des ersten Periderms vollzieht sich[3]) wie bei *Syringa*. Die Korkzellen gleichen denen der genannten Art, die Wände sind ebenso verbogen und gefaltet, aber etwas dünner. Eine Phellodermzelle wird im ersten Jahr nur selten gebildet. An zweijährigen Zweigen findet man in der Regel eine Chlorophyll führende dünnwandige Phellodermzelle, nur die innere tangentiale Wand ist als Rest der ursprünglichen Initialwand collenchymatisch. Auch an dreijährigen Internodien ist die Mächtigkeit der Korkrinde auf 1 Zellschicht beschränkt. Doch sind auch Korkreihen ohne Phelloderm hier und da anzutreffen. An manchen Stellen

[1]) Uber deren Bau vergl. Möller. p. 214.
[2]) J. E. Weiss, Korkbildung p. 60.
[3]) Sanio, p. 78.

ist die tangentiale Dehnung bereits unverkennbar wirksam gewesen. 4- bis 5jährige Sprosse besitzen selten mehr als eine einzige Korkrindenzelle mit nur mässig verdickten Wänden. Wenn die Borkebildung beginnt, also die Entwicklung des Oberflächenperiderms erlischt, ist nur selten mehr als eine einschichtige Korkrinde zu finden, vielfach hat die Bildung einer solchen überhaupt nicht stattgefunden. Während demgemäss also am Oberflächenperiderm eine Entwicklung von Phelloderm garnicht oder nur in ganz beschränktem Masse stattfindet, ist die Bildung der Korkrinde unter der Borke relativ ungleich lebhafter, sodass 3 bis 4 Phellodermzellen in jeder Radialreihe die Regel sind. Sie sind dünnwandig, radial etwas abgeplattet und führen Stärke und ebenso wie die secundäre Rinde zahllose ausserordentlich kleine Krystalle.

Syringa vulgaris.

In der unterhalb der Epidermis liegenden Rindenzelle werden im ersten Jahre 3 Wände in centrifugal-intermediärer Reihenfolge gebildet[1]) die innerste der so entstandenen 4 Zellen ist die Mutterzelle weiterer Theilungen, sodass also eine Phellodermzelle im ersten Jahr nur ausnahmsweise zu Stande kommt.[2]) Die mässig verdickten Wände der drei erstjährigen Korkzellen sind meist derartig verbogen und gefaltet, dass ihre Abstammung aus einer gemeinsamen Mutterzelle nur schwer zu erkennen ist. Auf dem Querschnitt sind sie radial verlängert, der tangentiale Durchmesser beträgt bis ca. 18 μ, auf dem Längsschnitt erscheinen sie beträchtlich gross (bis 70 μ Längsdurchmesser). An einem dreijährigen Zweige fand ich in der Regel eine Chlorophyll führende Phellodermzelle entwickelt, vielfach war aber auch hier noch die Phellogenzelle die innerste der Radialreihe, während hinwiederum an manchen Stellen zwei Korkrindenzellen sich vorfanden, sodass eine Regel nicht gefunden werden konnte. Aeltere Stämme, an denen aber Borkebildung[3]) noch nicht eingetreten ist, besitzen ein Phelloderm, das selten mehr als 3 tangentiale Reihen besitzt, in der Regel beschränkt es sich auf 2 Schichten. Auf dem Querschnitt ist die Korkrinde durch das secundäre Dickenwachsthum so stark gedehnt, dass der tangentiale Durchmesser bis 54 μ beträgt, also um das dreifache der ursprünglichen Grösse verlängert ist. Das Phelloderm ist sehr stark collenchymatisch und führt Chlorophyll. An alten Stämmen finden wir unterhalb der Borke eine nur schwache Korkhaut, von 3—5 ebenso unregelmässig wie im Oberflächenperiderm liegenden, dünnwandigen, weitlumigen Peridermzellen gebildet. Daran schliesst sich ein Phelloderm von geringer Mächtigkeit, nur 1 bis 3 Zellschichten sind zu constatiren. Ihr tangentialer Durchmesser beträgt ca. 40 μ, der radiale ist etwa halb so gross. Die Zellen sind abgerundet, nur wenig verdickt, schliessen Intercellularen ein und führen in der Regel Stärke.

---

[1]) Vgl. Sanio, l. c. p. 79.
[2]) Vgl. J. E. Weiss, p. 57.
[3]) Vgl. Hanstein, Bau und Entwicklung der Baumrinde 1856, p. 50.

Nerium Oleander.

In der Epidermis werden im ersten Jahre in centripetaler Folge mehrere radialgestreckte, mässig verdickte Peridermzellen gebildet [1]), die Phellogenzelle schliesst daher nach innen eine jede Radialreihe ab, Phelloderm ist demzufolge hier nicht zu erwarten. Auch an einem mehrjährigen Zweige von ca. 1 cm Durchmesser habe ich stets als innerste Zelle einer radialen Korkreihe die Phellogenzelle gefunden, nur local waren zuweilen 1 bis 2 Phellodermzellen entwickelt, die Chlorophyll führten. Dagegen besass ein von mir untersuchter etwa 2—3 cm im Durchmesser betragender Stamm, an dem Borke [2]) noch nicht abgeschieden war, an allen Stellen 2 bis 3 Phellodermzellen, die beträchtlich collenchymatisirt waren und Chlorophyll sowie Krystalle und Oel führten. Die Angabe de Bary's, [3]) wonach bei *Nerium* Phelloderm nicht gebildet wird, trifft demgemäss nicht zu.

Solanum Dulcamara.

Die Epidermis wird im ersten Jahre zum Phellogen und bildet 3 Wände centripetal. [4]) Zwei zu Periderm werdende Zellen und die Phellogenzelle sind dadurch abgegrenzt. Im zweiten Jahre wird die Theilungsfolge centripetal-intermediär, wodurch eine oder häufiger 2 Phellodermzellen zu Stande kommen. Sie sind mässig dickwandig, radial abgeplattet und Chlorophyll führend. An einem Stamm von ca. 1 cm Durchmesser fand ich eine 4schichtige Korkrinde. Die Zellen sind hier nicht unbeträchtlich collenchymatisch verdickt, was namentlich der radiale Längsschnitt sehr instructiv zeigt. Ein Stamm von ca. 2 cm Durchmesser besass bis 5 Chlorophyll führende Phellodermzellen. Borke habe ich nicht beobachtet.

Sambucus nigra.

Die erste Korkbildung vollzieht sich in der obersten Rindenzellschicht in centripetal-intermediärer Folge. [5]) Es entsteht hier im ersten Jahre neben mehreren Peridermzellen in der Regel eine Chlorophyll führende Phellodermzelle, zuweilen ist aber auch die Phellogenzelle die innerste Zelle der betreffenden Radialreihe. Auf dem Querschnitt sind die Phellodermzellen nur wenig radial abgeplattet, die innere tangentiale Wand ist als Rest der Initialmembran collenchymatisch, die übrigen sind relativ dünn. Auf dem radialen Längsschnitt ist das Phelloderm axial langgestreckt. Im zweiten Jahr kommt in der Regel eine Korkrindenzelle hinzu, so dass meist zweischichtiges Phelloderm zu beobachten ist; lokal findet sich aber auch gar kein Phelloderm, während andererseits auch 3 bis 4 Schichten hin und wieder anzutreffen sind. Poren habe ich nur in der innersten, also ältesten Phellodermzelle be-

[1]) Vgl. Sanio p. 57.
[2]) Möller, Baumrinden p. 166.
[3]) Vgl. Anatomie p. 166.
[4]) Sanio p. 62.
[5]) Vgl. Sanio p. 74.

obachtet, sie stimmen im Bau mit den in dem Parenchym der primären Rinde vorkommenden Poren überein und gehörten der Rindeninitiale offenbar schon an, ehe sie die Phellogenthätigkeit aufnahm. Das lokale Auftreten der Poren nur in der innersten Korkrindenzelle ist ein Beweis für das lokalisirte Wachsthum der Radialwände in der Initiale; denn bei Annahme eines gleichmässig vertheilten Wachsthums müssten ja die ursprünglich nahezu auf die ganze Wand vertheilten Poren auch auf den Radialwänden der Theilungsproducte zu finden sein. Im dritten Jahre kommt hin und wieder eine Korkrindenzelle hinzu, meist ist aber der Bestand auf 2 Phellodermschichten beschränkt. Vierjährige Internodien besitzen in der Regel 2- bis 3schichtiges Phelloderm, dessen innerste Zellen bereits beträchtlich gedehnt sind. Die Borkebildung tritt bei *Sambucus* ziemlich früh ein, 5- bis 6jährige Zweige besitzen fast stets inneres Periderm. An diesem findet man in der Regel 2 bis 3 Phellodermzellen. Diese haben relativ dünne Wände, sind radial etwas abgeplattet und führen Stärke.

Das Phelloderm von *S. racemosa* bietet nur geringe Verschiedenheiten von dem der vorigen Art, auch seine Mächtigkeit ist meist die gleiche. (Fig. 3.)

Symphoricarpus racemosa.

Das Periderm entsteht am einjährigen Zweige tief im Innern der primären Rinde innerhalb der primären Bastbündel centrifugalintermediär; es besteht aus weitlichtigen, mässig dickwandigen Zellen. Daran schliesst sich ein meist zwei- bis dreischichtiges, Chlorophyll führendes Phelloderm von radial etwas abgeplatteten und relativ dünnwandigen Zellen. Im zweiten Jahre wird das Phelloderm vierschichtig, zuweilen kommen auch 2 und mehr Zellen neu hinzu. Sehr frühzeitig tritt Borke auf, vielfach schon an dreijährigen Zweigen. Die inneren Periderme scheiden Ringelborke ab; sie bestehen aus nur 2—3, selten mehr Zellschichten. Daran schliesst ein meist nur ein- bis zweischichtiges Phelloderm, welches aus zartwandigen Elementen gebildet ist.

Die vorliegende Untersuchung ist während des Jahres 1896 im botanischen Institut der Universität Berlin auf Anregung des Herrn Geh. Regierungsrathes Prof. Schwendner angestellt worden. Einer angenehmen Pflicht komme ich an dieser Stelle nach, indem ich diesem meinem hochverehrten Lehrer meinen tiefgefühlten Dank abstatte für die wissenschaftliche Förderung, die mir in reichem Masse durch ihn zu Theil wurde. Ebenso bin ich Herrn Privatdocenten Dr. Reinhardt und Herrn Assistenten Dr. Weisse für das meiner Arbeit entgegengebrachte, liebenswürdige Interesse zu Dank verpflichtet.

Register der untersuchten Arten.

Acer Negundo, ... 31
A. platanoides, ... 31
A. Pseudoplatanus, ... 30
A. tartaricum 31
Aesculus Hippocastanum, ... 31
Alnus glutinosa, ... 17
Betula alba, ... 16
Buxus sempervirens, ... 29
Caragana arborescens, ... 28
Carpinus Betulus, ... 15
Castanea vesca, ... 18
Cornus mas, ... 33
Corylus Avellana, ... 16
Crataegus coccinea, ... 25
Cydonia vulgaris, ... 22
Cytisus Laburnum, ... 26
Daphne Mezereum, ... 32
Dracaena frutescens, ... 12
Fagus silvatica, ... 17
Fraxinus excelsior, ... 33
Ginkgo biloba, ... 10
Hedera Helix, ... 33
Juglans regia, ... 12
Juniperus communis, ... 12
Mespilus germanica, ... 24
Morus alba, ... 21
M. nigra, ... 21
Nerium Oleander, ... 35
Ostrya carpinifolia, ... 16
O. virginica, ... 15
Picea excelsa, ... 11
Pinus silvestris, ... 11
Pirus communis, ... 24
P. Malus, ... 23
Platanus orientalis, ... 22
Populus tremula, ... 14
Prunus avium, ... 26
P. Cerasus, ... 25
Ptelea trifoliata, ... 28
Quercus pedunculata, ... 19
Qu. sessiliflora, ... 18
Qu. Suber, ... 20
Rhamnus Cathartica, ... 31
Rh. Frangula, ... 32
Rhus typhina, ... 29
Ribes Grossularia, ... 21
R. rubrum, ... 22
Robinia Pseud-Acacia, ... 26
Salix alba, ... 14
S. fragilis, ... 13
S. pentandra, ... 14
Sambucus nigra, ... 35
S. racemosa, ... 36
Solanum Dulcamara, ... 35
Sorbus Aucuparia, ... 24
Symphoricarpus racemossa, . . . 36
Syringa vulgaris, ... 34
Taxus bacata, ... 11
Tilia parvifolia, ... 32
Ulmus campestris, ... 21
U. effusa, ... 20
U. suberosa. 21

Figuren-Erklärung.

Fig. 1. Querschnitt durch einen einjährigen Zweig von *Ptelea trifoliata*. Die äusserste Rindenzellreihe wird zum Phellogen. a und b hat sich einmal getheilt. Beachtenswerth ist die plötzliche Verdünnung in den Radialwänden. In Zelle c eine weitere Theilung. Vergr. 280.

Fig. 2. Weitere Stadien auf dem gleichen Querschnitt. Nur in der Region der dünnen Radialwand erfolgen weitere Theilungen. Vergr. 280.

Fig. 3. Querschnitt durch einen zweijährigen Zweig von *Sambucus racemosa*. pd = Phelloderm pg = Phellogen, in dem die ersten Theilungen am Beginn der zweiten Vegetationsperiode auftreten. Auch hier lokalisirtes Wachsthum der Radialwände im Phellogen p. = Periderm. Vergr. 280.

Fig. 4. Querschnitt durch die Borke von *Robinia Pseudacacia*. Bei a Poren, die auf die innerste Zelle beschränkt sind. Der Theil der Wand, auf dem sie sich befinden, ist also bei der Entwicklung des Periderms p unbetheiligt gewesen.

Fig. 5. Querschnitt durch die Grenze zwischen Borke und lebender Rinde von *Robinia Pseud-Acacia*. Die Phellogenzelle pg, die im vorigen Jahre das Periderm p entwickelt hat, hat am Anfang der diesjährigen Vegetationsperiode vier Wände centrifugal abgeschieden. Die Radialwände sind hier ebenfalls plötzlich verdünnt. c = collabirte Siebröhren. Verg. 280.

Fig. 6. Querschnitt durch die Rinde eines ca. 1 dcm dicken Stammes von *Sorbus Aucuparia*. p = Periderm, pg = Phellogen, pd = Phelloderm, stark collenchymatisch. Verg. 280.

Fig. 7. Längsschnitt durch die Rinde desselben Stammes. Zeichen wie in Fig. 6. Vergr. 280.

Thesen.

I.

Oberflächenvergrösserung und möglichst rasche Stoffableitung sind als wesentlichstes Bauprincip des Assimilationssystems anzusehen.

II.

Die Siebröhren sind leitende, nicht speichernde Elemente.

III.

Die Kleberschicht der Grassamen fungirt als Digestionsdrüse.

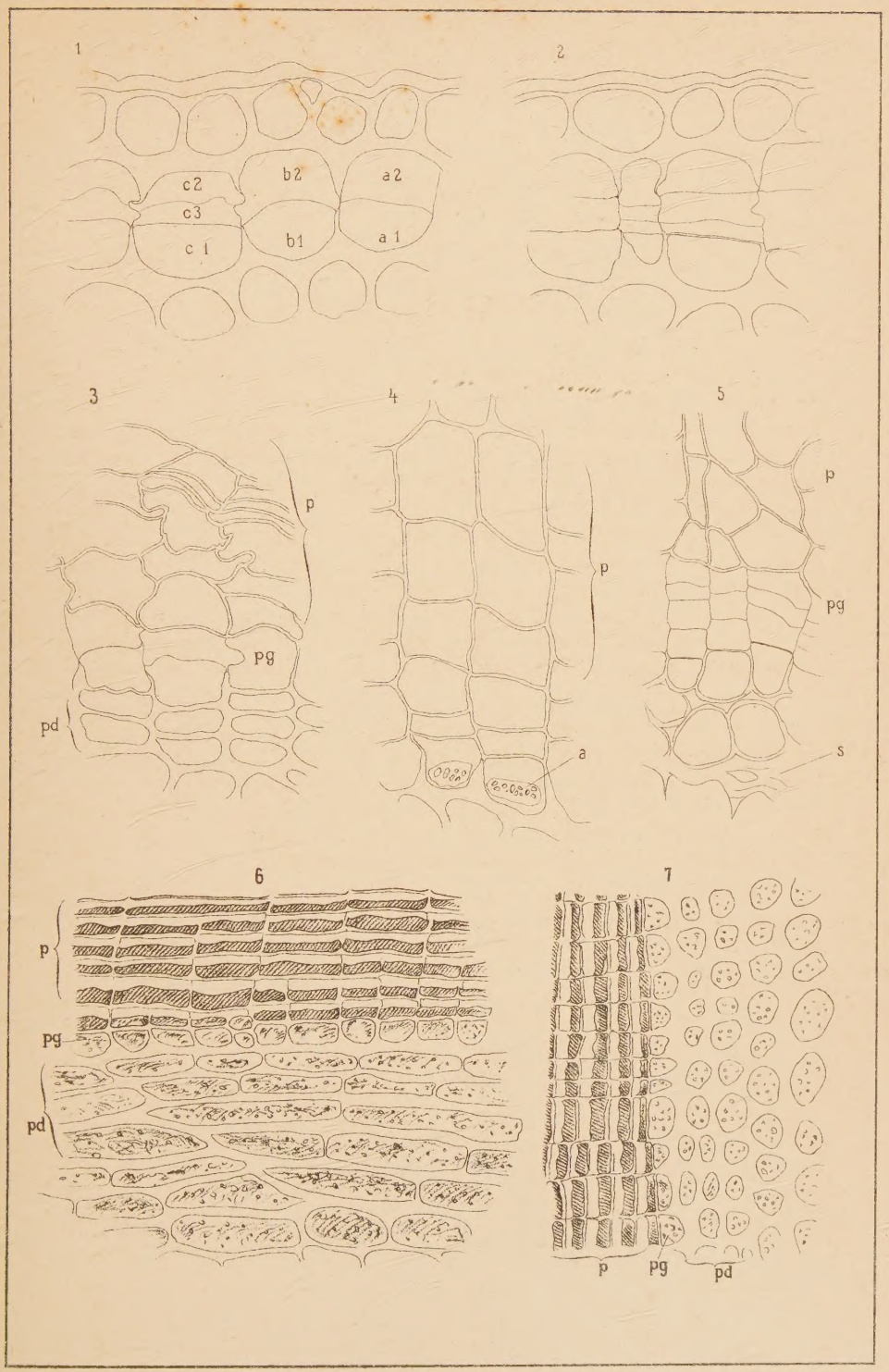
Vita.

Natus sum Fridericus Kuhla Berolini die XV. mensis Novembris anni h. s. LXXV. Fidem confiteor evangelicam. Frequentavi per duodecim annos scholam Berolinensem, quae vocatur „Andreasrealgymnasium“. Vere anni h. s. XCIV. testimonium maturitatis adeptus, cum die XXV. mensis Aprilis numero civium academicorum Almae Matris Fridericae Guilelmae Rhenanae adscriptus essem, studiis cum rerum naturalium tum botanicae operam dedi. Eiusdem anni auctumno academiam Berolinensem petii et per semestre hibernum studia mea persecutus sum. Deinde universitatem Ludovicianam Maximilianeam Monachensem me contuli, ubi per semester aestivum lectiones virorum ill. adii. Tum demum Berolinum redii ibique per tria semestria scholas praeceptorum ill. frequentavi.

Docuerunt me academici professores et privatim docentes ill.: Ascherson, de Baeyer, Blasius, Du Bois Reymond †, Dilthey, Engler, Goebel, Harz, Hertwig, Jaekel, Kekulé de Stradonitz †, de Lommel, Ludwig, Magnus, Noll, Pohlig, Radlkofer, Reinhardt, de Richthofen, Schlüter, Schulze, Schumann, Schwendener, Strasburger, Wahnschaffe, Warburg, Zimmermann, de Zittel.

Quibus omnibus viribus doctissimis optime de me meritis gratias ago maximas semperque habebo!

Druck von Gebr. Gotthelft, Kgl. Hofbuchdruckerei, Cassel.



Fritz Kuhla del.

Artist. Anst. Gebr. Gotthelft, Cassel.